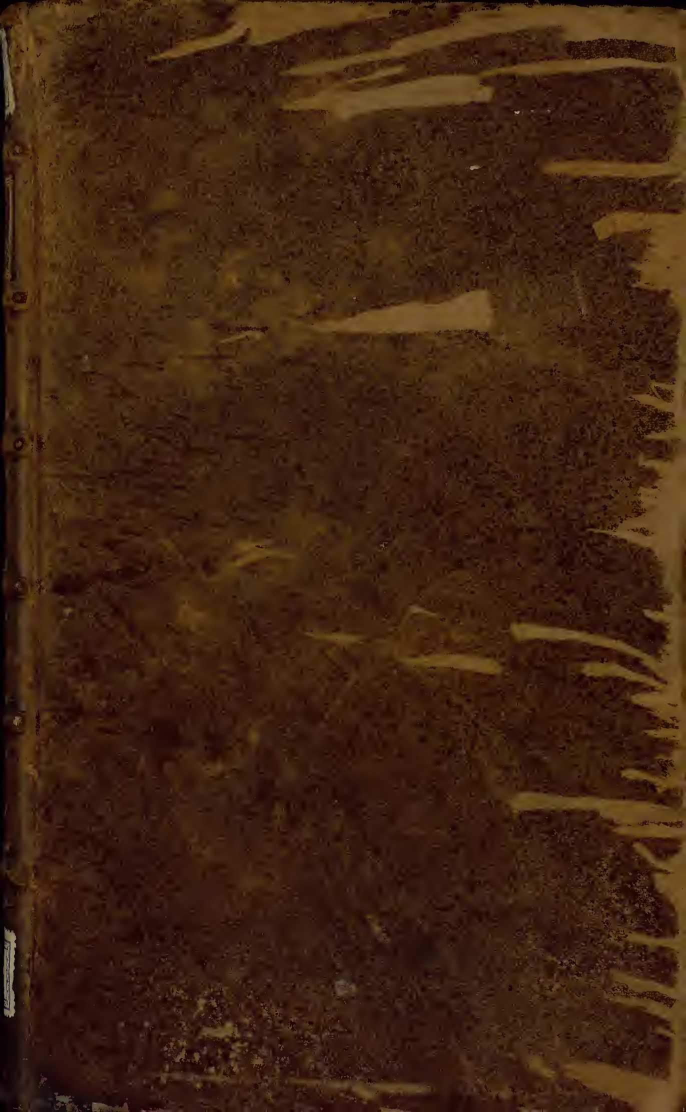
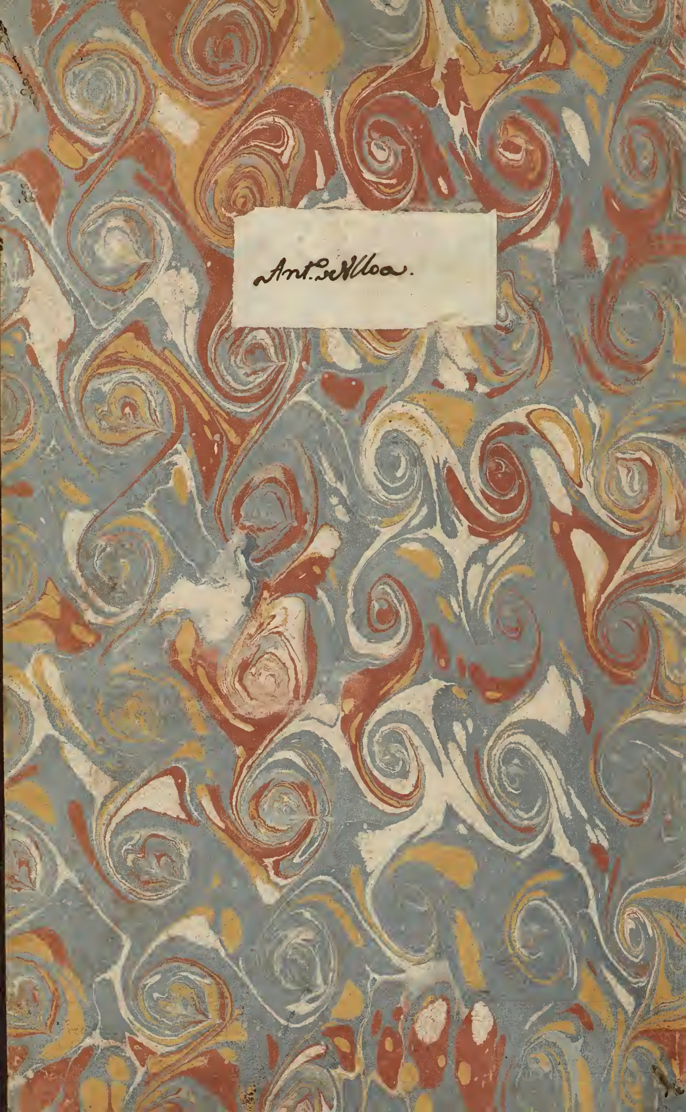



Ant.° d'Ulloa.



a Antonio de Ulloa

REFLEXÎONES

SOBRE LAS MÁQUINAS Y MANIOBRAS

DEL USO DE Á BORDO.

REFLEXÎONES

SOBRE LAS MÁQUINAS Y MANIOBRAS

DEL USO DE Á BORDO

ORDENADAS

POR DON FRANCISCO CISCÁR,

TENIENTE DE NAVIO DE LA REAL ARMADA.





DE ÓRDEN SUPERIOR.

MADRID: EN LA IMPRENTA REAL.

AÑO DE 1791.

AL REY.

SEÑOR.

Las Reflexîones que presento á los Reales pies de V. M. incluyen los principios fundamen-

tales de la Maniobra de los Baxeles. Por el esmero con que V. M. fomenta la Marina me prometo que recibirá benignamente esta obra, que por otro lado puede considerarse como fruto de los sabios establecimientos del augusto Padre de V. M.

SEÑOR

A L. R. P. de V. M.

Francisco Ciscár.

INTRODUCCION.

Por la palabra Maniobra se entiende generalmente en la Marina, el arte que enseña á dar á las embarcaciones todos los movimientos que admiten por medio del timon y las velas ú otros agentes qualesquiera. Sin el auxîlio de esta facultad en vano el Pilotage determinaria en medio de los mares los puntos en que se halla un buque, y los distintos rumbos que le convienen hacer para transferirse á otros. Del mismo modo la Táctica prescribiria vanamente los órdenes en que deben navegar las esquadras, y los movimientos conducentes para alterarlos ó mantenerse en ellos. De suerte que la Maniobra resulta una tercera ciencia indispensable para poner en práctica los preceptos de las dos anteriores, y forma con ellas el conjunto de los conocimientos mas importantes que debe unir todo Oficial de Guerra de Marina.

Por poco que se exâmine un buque dispuesto para navegar, se comprehenderá inmediatamente la dependencia que debe tener su manejo de todas las partes de la Mecánica. En efecto para todos los casos se puede considerar que el cuerpo del baxel, cargado de varios pesos, efectua sus movimientos de rotacion sobre el centro de gravedad. La distinta distribucion de los pesos dá el tal punto mas alto, mas baxo, mas á popa ó mas á proa: y de esta diversa colocacion resultan alterados los aguantes de vela de los buques, su gobierno, la seguridad de la arboladura, los riesgos de las inmersiones, la velocidad de su marcha, y en una palabra todas sus propiedades. Si por otro lado se contempla el número y colocacion de sus palos, masteleros, vergas y velas; la adherencia de todas estas partes, y

los agentes que obran para su manejo, admirará la vista de varias máquinas que producen sus correspondientes efectos por medio de distintas fuerzas animadas é inanimadas, que obran en direcciones prodigiosamente diversas.

Si á vista de esto es evidente la dependencia que debe tener la Maniobra de la ciencia universal del movimiento, no lo es ménos por otra parte la que tiene de la continuada práctica de su exercicio. En primer lugar las luces teóricas rara vez son suficientes para constituirnos perfectos en los primeros exercicios de una facultad qualquiera; cuya proposicion se aplica mas rigurosamente á la Maniobra en la qual, siendo comunmente necesaria la pronta execucion, conviene abandonarse al tino y al golpe de vista, dañando muchas veces el discurrir al executar. Ademas la variedad de los vientos, corrientes y mareas, la freqüencia de las borrascas y demas accidentes del mar y de la atmósfera, lo diverso de los tenederos ya sueltos, ya firmes, la experiencia de los desarbolos y toda especie de averías forman un conjunto de vastos conocimientos que solo puede darnos la práctica.

La necesidad que tiene el Maniobrista de unir á sus conocimientos teóricos la suficiente práctica, y el exemplar de varios Marineros meramente prácticos que han logrado feliz exîto en sus comisiones, podian persuadir á algunos que la sola práctica forma al Maniobrista, y que las luces teóricas, muy propias para el adelantamiento de la construccion y otros ramos de la facultad marinera, no merecen un lugar tan distinguido en la ordinaria práctica de las maniobras. Semejante proposicion excitaria el desprecio de nuestra Oficialidad, y solo podria oirse sin tanto escándalo en una esquadra de galeras ó galeotas donde una virada auxîliada con los remos, la caña del timon llevada á derecha é izquierda, y el cambio de una entena constituyen casi todas sus maniobras.

Las largas navegaciones de nuestros tiempos y el uso de la artillería han complicado igualmente la construccion y maniobra de los baxeles, en términos de sernos imposible manejarlos con algun acierto por la sola práctica adquirida en las campañas. En efecto las mismas maniobras varían segun las circunstancias, y las disposiciones que las facilitan en unas las dificultan en otras; siendo ademas indispensable emplearlas con mucho tino para que, la decidida propension que se dá á un buque hácia un movimiento determinado, no destruya la que debe tener para los restantes. Por otro lado la insuficiencia de la mera práctica se manifiesta evidentemente, en las providencias que importa tomar en los malos tiempos para suavizar las cabezadas y balances de los baxeles, libertarlos de las inundaciones, y conservar su arboladura. Lo mismo se echa de ver en la averiguacion de las mayores velocidades obliquas, laterales y directas de una embarcacion, en el escrupuloso exâmen de sus propiedades en una campaña de pruebas, y en los resultados de las alteraciones introducidas en el aparejo y estiva. En todo lo qual las justas observaciones del Maniobrista deben contribuir para el adelantamiento de la construccion y otros ramos de su facultad.

Es cierto que la diversidad de muchas maniobras puede llegar á noticia de los principiantes por la lectura de los libros meramente prácticos, y nosotros podemos contar, entre otros, los de Fernandez y Zuloaga. * Pero aun quando, renunciando á los progresos del arte y condenando la maniobra al yugo de la costumbre, se supusiese que la lectura de dichas obras, auxî-

* Si de la obra de Mr. Bourdé, intitulada *Le Manoeuvrier*, se substrae la parte de Táctica, sus principios de Mecánica y algunas otras reflexîones, se verá que por lo que hace á la Maniobra solo quedan algunas páginas en que se habla del timon, de la facha, capa, viradas y maniobras de áncla, aunque de un modo algo distinto del que en iguales puntos usa nuestro Fernandez. Sin embargo, sin defraudar el mérito de Mr. Bourdé, no se

liada de alguna experiencia, bastaba para dirigir al Maniobrista en alguna corta parte de su exercicio, se deberia compadecer la suerte de unos individuos que obrasen sin la menor inteligencia, al modo de aquellos Médicos empíricos que aplican las recetas sin conocimiento del mal ni del remedio.

En virtud de todo esto resulta evidente la necesidad de reducir el estudio de la Maniobra al de cortos principios sólidos que, al paso que se entiendan fácilmente, puedan considerarse como exâcta piedra de toque para distinguir las buenas prácticas de las malas, y encierren un manantial fecundo de recursos para todos los varios casos de la práctica. Si se prescinde de la circunstancia de una fácil inteligencia, se verá que concurren en el estudio de varias partes de la Mecánica los requisitos que se desean para la Maniobra: y si se adoptase su estudio por entero, se hallarian prevenidas todas las miras en los solos dos tomos del Exâmen Marítimo de D. Jorge Juan. No se quiere decir con esto que dicho autor trate extensamente todos los ramos de la Maniobra. Su obra en efecto, dirigida á perfeccionar la construccion de los buques y á resolver los problemas mas delicados relativos á su manejo, lleva impreso el caracter propio de los genios inventores, y está léjos de comprehender la razon de todo el por menor de los casos prácticos. Sin embargo como en todas estas materias lo mas supone sabido lo ménos, los que comprehendan bien las proposiciones del Exâmen Marítimo deben considerarse muy remotos de mendigar los principios de otras obras subalternas. A mas de la generalidad del autor citado, se debe conocer que la perfecta inteli-

debe creer satisfecha la curiosidad de nuestros Marinos con la traduccion de una obra de esta clase, mayormente quando no se advierta la contrariedad de algunos de sus principios con los del Exâmen Marítimo de D. Jorge Juan, y quando en descrédito de un Cuerpo, que se honra con semejante individuo, no se haga el menor uso de los descubrimientos de este gran Marino, á quien los autores clásicos de nuestros dias consultan constantemente en obras de esta especie.

gencia de todas sus proposiciones requiere unos profundos conocimientos en varios ramos de la Matemática, cuyo vasto estudio debe retraer de la lectura de dicha obra, no solo al comun de los Marineros destinados al tráfico, sino al general de nuestra aplicada Oficialidad.

Teniendo presente todo esto se ha determinado, en beneficio de los Maniobristas principiantes, la formacion de una obra que se pudiese entender con los principios de la Geometría elemental, é incluyese los principales conocimientos necesarios para el manejo de los baxeles. Esta indicacion del objeto basta para excusar á los verdaderos sabios la lectura de una obra, donde nada encontrarán que merezca su atencion. Habiendo dado motivo á que se escribiese el deseo de la utilidad, despues de simplificar los puntos de otras obras, que se han podido adquirir convenientes al asunto, se han procurado llenar algunos de los muchos huecos que las dichas ofrecen. Los materiales de estas Reflexîones serán notorios á quantos profesen el estudio de algunas partes de las Matemáticas puras y mixtas; porque hasta las obras de casi pura invencion se forman de verdades conocidas aunque diversamente combinadas, al modo que los Artistas dan á una misma materia diversidad de formas.

Del mismo modo que ahora se han procurado llenar algunos de los huecos de las obras análogas á este asunto, se llenarán despues los espacios restantes, y se consolidará por fin el edificio de la instruccion de esta parte de la Naútica. Los posteriores notarán acaso defectos de toda especie en estas Reflexîones; pero el constante deseo de la utilidad que las ha producido hará que se miren con igual gusto la cita de estos artículos, como blancos que excusen sus trabajos, ó que fixen sus miras para demostrar los errores que contengan.

Aunque en esta obra á mas de la explicacion de varias maniobras, se prefixe la preferencia de las unas á las otras segun

las circunstancias, no se incluyen generalmente en estas las que dependen inmediatamente de la experiencia y de los conocimientos hidrográficos. De esta clase puede ser el determinar á la vista de un puerto la maniobra mas conveniente para conservarlo, eligiendo entre las de ponerse en facha, mantenerse á la capa ó bordear. En cuyo caso la determinacion depende del efecto de las corrientes, del estado del buque, de su tripulacion y de otros accidentes, que no permitirian sentar sobre el particular el menor precepto sin todos los visos de arbitrario. En atencion á lo qual como desde luego no se extienden estas Reflexîones á dichos asuntos, se juzga que léjos de que parezcan inmodestas á aquellos venerables Marinos que han encanecido en medio de los mares, les deberán su aprecio por un trabajo útil, que no excede los mas cortos alcances.

Por lo que hace á los principiantes, el objeto ha sido extender los conocimientos y excitar debidamente su curiosidad, para el estudio de un ramo tan importante de nuestra profesion. Los fomentos dados al estudio del Pilotage por los principios establecidos en las Academias, y por las obras impresas y manuscritas de varias clases, han llamado la atencion general hácia esta parte de la Navegacion; y los Individuos de nuestra Armada usan todos los instrumentos astronómicos que permiten los movimientos de los buques. Las alturas del Sol sobre el horizonte indistintamente se toman á la hora del medio dia que á otras de la mañana ó tarde. La Luna y las Estrellas se consultan por la noche, y no se omite diligencia para determinar el punto en que se halla el navio, y su situacion respecto á todos los demas de las costas bien situadas.

Esta laudable inclinacion de los Individuos de la Armada al estudio del Pilotage, debe prometer que los principiantes abracen con igual ardor el de la Maniobra, y que dando toda la extension que corresponde á la formacion de sus diarios ex-

presen en ellos, fundándose en principios, el exâmen de las propiedades de los buques, el influxo que tienen en su gobierno y toda clase de movimientos las situaciones y corte de las velas, la figura de la pala del timon y las variaciones de la estiva; sin omitir el reflexîonar acerca de la calidad y torcido de las xarcias, del tamaño y material de los exes, roldanas y caxeras, de la disposicion de los aparejos, de las ventajas de los retornos, del cabrestante, bombas, y de un sin número de conocimientos que abraza la vasta ciencia que tiene por objeto el aparejo y movimiento de las embarcaciones.

Un sólido estudio de la Maniobra debe proporcionar ademas á los principiantes el que en un temporal, y en los demas accidentes del mar y de la atmósfera en que otros solo oponen un rostro firme á los peligros, concluyan ellos varias observaciones utilísimas á todos los ramos de la Marina en general. El objeto de un navegante no debe ser solo el de tranferirse de unos parages á otros: quantas observaciones le presenten los elementos con quienes lucha, relativas al adelantamiento de la facultad que profesa, deben merecer su consideracion. El exâmen del manejo y propiedades de los buques han ocupado á los primeros hombres de varias edades: y todo el brillante aparato de las observaciones astronómicas que embargaron la juventud de D. Jorge Juan en la medida del grado de meridiano, no pudieron distraerlo de la atencion que como á Marino debian merecerle tambien la construccion y manejo de las embarcaciones.

El esmero con que S. M. fomenta la Marina persuade á que el armamento y maniobras de los baxeles adquirirán rápidamente superiores grados de perfeccion; y se debe esperar que en breve, á causa de la ilustracion general del cuerpo de la Armada, se multipliquen las invenciones en todos ramos, y esta obra solo sirva para manifestar los atrasos del tiempo en que está escrita. Despues de esta sincera confesion parece que debe ser in-

diferente el modo con que el Cuerpo de la Marina reciba este tratado, bastando para satisfaccion interior la idea que se ha tenido de serle útil; sin embargo esta austera conformidad debe ofender su gratitud; y desde luego se debe contar con el aprecio de un Cuerpo que sabe infundir tales sentimientos en sus Individuos.

ANALISIS SUCINTO DE ESTA OBRA.

Principios preliminares.

Para la inteligencia de las breves reflexîones acerca de las máquinas del uso de á bordo, se emplean las diez y ocho primeras páginas con las definiciones, axîomas y principios mas sencillos de Mecánica comunes á todos los autores: y los que se insertan en esta obra son casi todos copia de los que preceden á los Elementos de Mecánica del Abate la Caille.

LIBRO I. DE LAS MÁQUINAS.

Capitulo I. *De la palanca.*

Aunque no hay á bordo máquina alguna á quien se dé este determinado nombre de palanca, sin embargo las barras de cabrestante, caña del timon, radios de su rueda, figura de los palos y vergas, y un sin número de utensilios del servicio de los buques deben su uso y explicacion á la teórica de las palancas. Estas consideraciones, y la dependencia que todas las máquinas tienen de la palanca, obligan á que no se omita reflexîonar sobre ella.

Se extractan sus principios teóricos, se dan sus subdivisiones, y considerándola fisicamente se hacen, en virtud de su peso, todas las advertencias mas principales relativas á su exercicio. Se nota que las dichas no deben tener lugar en todo mo-

vimiento horizontal, como en las barras del cabrestante y caña del timon; pero se advierte que tienen toda su fuerza en el movimiento vertical, como en los cigüeñales de las bombas y hasta en el modo de servirse de los espeques y pies de cabra para sayar la artillería. A su tiempo se hace uso de esta teórica para valuar los esfuerzos de qualquiera número de hombres distribuidos á lo largo de las barras del cabrestante, y para otras aplicaciones adaptables á la práctica. Extendiendo la misma teórica á las palancas curvas se aplica á la mayor seguridad de las ánclas; y se concluye con reducir á esta máquina el servicio de los palos y vergas deduciendo su figura.

Cap. II. *De la garrucha ó moton.*

La garrucha ó moton es la máquina de que suele hacerse mas uso á bordo. Establecida su teórica y division en fixo y movible, se manifiestan los aumentos de fuerzas que sugiere este último, y se advierte la diferencia que cabe en esta sola parte en cazar las velas segun que el escotin ó escota se afirman sencillamente á sus puños, ó pasan cercando las roldanas de los motones cosidos en aquellos. Estas mismas reflexîones se extienden para la formacion de los aparejos: y se advierte la circunstancia en que el uso del moton movible disminuiria los efectos de nuestras fuerzas.

Cap. III. *De los aparejos.*

A la descripcion de los motones sigue la de los aparejos que se forman con el agregado de los primeros. Al paso que se demuestran sus principios teóricos se aplican á los casos prácticos, y se advierte la diferencia de fuerzas que resulta de terminar los extremos ó chicotes de los cabos en los motones fixos ó movibles que los forman. Explicado el aumento de fuerzas que procuran los aparejos, se advierte el mas tiempo que se

necesita emplear con su uso para producir los efectos que se pretenden; aquí se acuerdan las advertencias que se hicieron anteriormente respecto á la terminacion del cabo que los envuelve. Por último se concluye la cautela con que se debe proceder en adaptar los aparejos, para no conseguir imprudentemente un inútil aumento de fuerzas, con sacrificio del tiempo y retardo de las faenas.

Cap. IV. *Del roce ó friccion.*

Como en virtud de los principios teóricos el moton fixo resultaba hasta aquí inútil para el aumento de fuerzas, y solo conducia para variar arbitrariamente su direccion, ha parecido propio, tanto para extender la utilidad de este moton, como para concluir infinitas otras reflexîones útiles en la práctica, el hablar de los estorbos que ocasiona el roce en el uso de esta máquina.

Se dá una breve idea del roce: se divide en dos especies, y de esta division se concluye inmediatamente la utilidad del moton ó roldana fixa, en quanto disminuye sus estorbos. Extendiendo las consideraciones acerca del roce se concluye que, para disminuir sus obstáculos, importa que las roldanas sean del mayor diámetro posible, y los exes sobre que giran los menores que permitan las circunstancias. La falta de homogeneidad en los principios componentes de los cuerpos conduce á reflexîonar que, el agujero de una roldana que gira sobre su exe, se agranda desigualmente con el tiempo, y en conseqüencia variando los radios de la roldana, varian las relaciones establecidas entre los pesos y potencias. Este inconveniente no tiene lugar girando el exe; y se dá esta última disposicion por mas conveniente para el uso del moton en el movimiento de los pesos de abaxo para arriba. Despues de dar idea del mayor estorbo que encuentran para deslizarse unas sobre otras las plan-

chas de un mismo metal y todos los cuerpos de igual especie, se infiere la necesidad de hacer en los motones, los exes, roldanas y caxeras, de maderas distintas. Como las materias duras admiten mayor pulimento que las blandas, y esta circunstancia disminuye el roce, se prefieren las roldanas de metal á las de madera en los sitios donde su peso no sirva de inconveniente.

Cap. V. *De la rigidez de las cuerdas.*

Considerando despues los efectos que produce la rigidez de las cuerdas que envuelven dichas máquinas, se demuestra que las cuerdas dificultan sus efectos en virtud de los mayores pesos que suspenden, de su mayor mena, de su mayor rigidez, y á medida que es menor el diámetro de las roldanas: sentando en virtud de estas reflexîones, fuera de toda arbitrariedad, si las roldanas han de ser grandes ó chicas, y de maderas diversas de las de sus caxeras y exes: si deben girar sobre estos últimos: si es conveniente hacerlas de metal; y si las cuerdas han de ser gordas ó delgadas, torcidas ó sueltas, rígidas ó flexîbles.

Cap. VI. *Del tambor ó cabrestante.*

Establecidos los principios que tienen lugar en el equilibrio de esta máquina, se advierte la determinada relacion que debe haber entre la longitud de los radios del tambor y de sus barras segun los pesos que se suspenden. Reduciendo al tambor la rueda del timon y el molinete de las bombas de cadena, se hacen varias advertencias relativas á la colocacion y número de sus barras ó palancas. Lo mismo se practica respecto á la obliquidad de las fuerzas aplicadas, y de la rigidez de las cuerdas.

Cap. VII. *Del roce en el tambor.*

En quanto al roce, se consideran extensamente sus particulares efectos en esta máquina, y se concluye la mejor colo-

cacion de una ó muchas barras, y la causa de disponer inversamente los cigüeñales de las bombas. Se subdividen los esfuerzos de los hombres aplicados á las barras del cabrestante, y se concluyen, en esta parte, las ventajas y desventajas del uso del tambor horizontal en las embarcaciones pequeñas. Considerando despues mas particularmente el cabrestante, relativo á su servicio en la suspension de las ánclas, se apuntan los inconvenientes principales que se ofrecen en esta faena, y se concluyen los medios de disminuirlos en conseqüencia de los principios establecidos.

Cap. VIII. *De la cábria.*

Verdaderamente todo lo dicho acerca de los motones, aparejos y cabrestante incluye la substancia de quanto pueda decirse de la cábria: la qual solo se arma con el objeto de disponer las máquinas anteriores en la disposicion conveniente á nuestros fines. Se hacen las reflexîones correspondientes á su firmeza y á la colocacion de los cabos ó vientos necesarios para sujetarla segun las inclinaciones que es preciso dar á la cábria.

Cap. IX. *Del timon.*

En el Cap. XII. del Lib. III. de los Movimientos se habla extensamente acerca de las mejores disposiciones de la pala del timon, para dar á los buques los movimientos que se pretenden, aconsejando entre otras cosas la diminucion de la parte de su pala que, al paso que no contribuye á los movimientos giratorios, inutiliza los esfuerzos de los timoneles y expone el todo de la máquina en las circunstancias de los golpes de mar. En el presente capítulo solamente se describe el todo del timon, manifestando la mejor disposicion de sus guardines, y dando razon del prodigioso aumento de nuestras fuerzas en el uso de esta máquina, y de las ventajas con que contribuye á los movimientos de las embarcaciones.

Cap. X. *De las bombas.*

Como los efectos de las bombas se deben principalmente á la gravedad de la atmósfera, se hace preceder su descripcion de unos cortos principios físicos. Descripto el uso y partes de una bomba aspirante ó absorvente simple, se práctica lo mismo con el todo y partes de la bomba española del uso de á bordo, y se advierte el modo de disponer dos bombas españolas para conseguir una contínua salida de agua. Dada la teórica necesaria para conseguir sus efectos, se entra en varias consideraciones relativas á la diversidad de los embolos y válvulas ó chapeletas. Lo interior de las bombas se oculta ordinariamente á nuestra vista, y los estorbos en su libre exercicio ocasionan inminentes riesgos en los accidentes de las navegaciones. Presente esto se procede con alguna extension en numerar las causas de todos estos obstáculos y modos de precaverlos. Despues se describen las bombas inglesas ó de cadena; y de su teórica se concluyen algunas advertencias relativas al número y material de sus válvulas, y á la longitud de los eslabones de sus cadenas. Seguidamente se describen las bombas de apagar incendios, y se hacen las advertencias correspondientes para su uso. Concluida ya la impresion de esta obra envió desde París el Capitan de Fragata D. Joseph Mendoza el diseño de una bomba inventada últimamente en Inglaterra, la qual se describe en el apéndice que sigue al último capítulo, y se representa con tres distintas vistas en la lámina XXIII.

Cap. XI. *Del gato.*

Descripta esta máquina y establecida en ella la relacion de la potencia al peso, se manifiestan las varias faenas en que se puede hacer uso del gato ventajosamente, y se hacen las correspondientes advertencias segun las circunstancias.

Cap. XII. *Del modo de valuar las fuerzas aplicadas á las máquinas.*

Habiendo descripto las máquinas destinadas al aumento de las fuerzas, sigue naturalmente el modo de valuar estas últimas para su perfecta distribucion. Con este objeto se dan los principios necesarios para concluir esta valuacion en las varias circunstancias de á bordo: y por último se reflexîona acerca de las aptitudes mas favorables al libre exercicio de los esfuerzos de los hombres.

Cap. XIII. *De los medios discurridos para conservar el agua dulce y desalar la del mar.*

Despues de haber tratado de las máquinas que aumentan las fuerzas, conviene hablar acerca de otras de uso no ménos importante en quanto contribuyen á la conservacion de la salud. Tal es entre otras el alambique ó destilador inventado para dulcificar el agua del mar. Con este objeto se extracta quanto dice Mr. Baumé en su tercer tomo de Química relativo á esta materia, y á la de conservar pura el agua dulce: cuyas investigaciones pueden libertar á los Marinos de que perezcan de sed como otros Tántalos en medio de las aguas. A los medios propuestos por Mr. Baumé para conservar el agua dulce, se añade otro recomendable por su sencillez y acreditado ya por la experiencia. Siendo de tanta utilidad á bordo el uso del destilador, se acuerdan quantas precauciones conducen á canonizar su uso, y cuya omision puede haber dado lugar, en algun tiempo, á reputarlo nocivo á la salud.

Cap. XIV. *De las mangueras y nuevos ventiladores para renovar el ayre de varios sitios de las embarcaciones.*

Esta providencia de renovar el ayre á bordo es de mucha

utilidad, y la práctica de las mangueras formadas con las velas muy limitada y perjudicial para que no se reflexîone sobre el asunto. Se explica el mecanismo con que se renueva el ayre por medio de varios tubos que desde el fogon comunican con la bodega y otros sitios de los buques. Seguidamente se describe el ingenioso ventilador portatil de última invencion.

Cap. XV. *De algunos usos del barometro en las embarcaciones.*

Se evidencia el modo de sacar mas partido de este instrumento. Se dá razon de la conformidad de sus indicaciones con las variaciones de la atmósfera. Se hacen las correspondientes advertencias para el uso de semejante instrumento en varios climas; y se concluye con dar diferentes testimonios de su utilidad.

LIBRO SEGUNDO.

De la aplicacion de algunos principios de Mécanica á varias maniobras.

Cap. I. *Del áncla y medios conducentes para sujetarla.*

Se considera primeramente el modo de obrar del áncla y cable para mantener el fondo. Seguidamente se dá razon de lo expuestas que están á garrar las ánclas en los puertos de mareas extraordinarias, indicando los medios de suspender el áncla por medio de las mareas ó capuzando la embarcacion. Se evidencia la utilidad de engalgar las ánclas: se reflexîona acerca de la mejor colocacion de los escobenes, y se concluye con exponer todas las ventajas que procura lo largo y tendido de las amarras, no solo para mantener el fondo, sino tambien para la seguridad del buque aun en el caso que permanezca anclado: y se termina el capítulo evidenciando que las resistencias de los cables están en-

tre sí como los quadrados de sus circunferencias ó perimetros.

Cap. II. *De la figura de los palos, masteleros y vergas; y de la direccion con que el viento exerce sus esfuerzos sobre ellos.*

Pruebase que las resistencias de los palos, masteleros y vergas deben ser como los cubos de los diámetros de sus secciones circulares. Evidenciando despues que los esfuerzos que exercen las velas sobre los palos hacen que se consideren como palancas, se concluye sencillamente que los diámetros de sus secciones circulares deben ser iguales á la raiz cúbica de la distancia de cada seccion al tope ó extremo superior del palo. Seguidamente se manifiesta lo que debe variar todo lo establecido la resistencia de las xarcias, acordando el motivo de emendar los brandales volantes en las circunstancias de llevar las gavias arrizadas. Se determina tambien que los cubos de los diámetros del espesor de las vergas, deben ser iguales á los quadrados de las distancias de los puntos correspondientes al penol inmediato. Insinuada la figura de los palos y vergas, se considera el punto de cada palo donde pueden conceptuarse unidos los esfuerzos de qualquiera número de velas mareadas. Descomponiendo las fuerzas tangenciales de las velas se observan las direcciones con que obran contra sus palos y vergas, y se termina el capítulo evidenciando el riesgo que hay de izar mucho las velas en ocasiones de vientos muy fuertes.

Cap. III. *De las direcciones en que obra la fuerza empleada en izar las velas.*

Se descompone la direccion segun la qual trabaja la driza, y se concluye con las advertencias mas precisas para la faena de izar las velas.

CAP. IV. *Del modo de obrar de las brazas, y de los modos de disponerlas para mayor seguridad de las vergas en algunas posiciones.*

Descomponiendo en sus varias direcciones aquella con que obran las brazas, se infieren los distintos movimientos que en su exercicio procuran á las vergas, y se demuestra fundamentalmente el perjuicio de los brazalotes.

CAP. V. *De la union de las fuerzas que contribuyen á romper las vergas segun la tension de los cabos que las sujetan.*

Se determinan los puntos de union de estos esfuerzos perjudiciales á la seguridad de las vergas para los casos del viento en popa, y se deduce la buena práctica de mantener las brazas algo arriadas en las empopadas.

CAP. VI. *Del modo con que trabajan los obenques y brandales.*

Descomponiendo la direccion de su tirantez, se concluyen las direcciones con que sujetan los palos, y los medios propios para que estos últimos queden mas sujetos. Despues se reflexîona acerca del distinto estorbo de las xarcias para el braceo de las vergas.

CAP. VII. *Aplicacion de la doctrina de la composicion y descomposicion de las fuerzas á otras varias maniobras.*

Se trata del mejor modo de disponer los remolques y de dar un cabo para hacer cabeza sobre él. Despues se reflexîona acerca de la disposicion mas conveniente de dos ánclas para la seguridad de un buque fondeado.

Cap. VIII. *En el qual se reflexîona acerca de los efectos de las fuerzas de presion y percusion en varias maniobras.*

Suponiendo definidas ya ambas fuerzas y establecida la gran diferencia que media entre ellas, se hace uso para aconsejar varias precauciones en las maniobras, y se demuestra la inutilidad y perjuicio de la práctica de tender anclotes con sus calabrotes en ayuda de los cables; sentando el único caso en que esto puede ser conveniente. Con los mismos fundamentos se insinúa algo acerca de la calidad de las xarcias mas propias para estos ó los otros fines, y respecto á las ventajas de las ménos torcidas.

LIBRO TERCERO.

DE LOS MOVIMIENTOS DE LOS BUQUES.

Cap. I. *Advertencias preliminares para los movimientos de los buques.*

Se dan algunos principios acerca de los momentos de las fuerzas respecto á un punto ó determinado plano qualquiera, indicando uno de los medios de hallar el centro de gravedad de los cuerpos. Seguidamente se trata de los movimientos de traslacion y rotacion, y despues de la presion de los líquidos que tiene lugar en todas direciones.

Cap. II. *De los tres exes que se consideran en los buques.*

Como todos los movimientos de un buque se reducen á los de balance, cabezada, y á los dos horizontales de orzada y arribada, se imaginan en su casco tres distintos exes al rededor de los quales y sobre el centro de gravedad se executan los particulares movimientos de que se ha hablado.

Cap. III., IV., V., VI., VII., VIII.

Por medio de la doctrina de los momentos se concluye la precision de hallar el centro de gravedad de un buque, el de su volumen, y las distancias horizontales y verticales del centro de las velas consideradas planas al centro de gravedad. Estos objetos juntos con el de hallar la línea de agua y sus alteraciones, y algunas reflexîones acerca del metacentro, son el asunto de seis capítulos.

Cap. IX. *De lo que el centro de las velas curvas, braceadas obliquamente al viento, pasa mas á popa que quando se consideran planas.*

Para que no quede que desear á los lectores alguno de los conocimientos esenciales relativos al mejor manejo de los buques, se extracta del Exâmen Marítimo la principal doctrina de este capítulo, y se expone en términos que resulte comprehensible sin mas conocimientos que los elementales de Geometría y los principios de Mecánica establecidos en esta obra. Como el libro de Mr. Bourdé, intitulado *Le Manoeuvrier*, se halla en manos de muchos, y su parecer es contrario á lo que aquí se insinúa, se evidencian con suficiente claridad las causas que, al paso que autorizan su práctica, pueden destruir sus conseqüencias.

Cap. X. *De los momentos con que un cierto número de velas largas contribuyen á la orzada ó arribada de un navio, &c.*

Este capítulo encierra la doctrina mas importante de los movimientos de un buque, comprehendiendo la parte de su gobierno. Se recorren y demuestran las causas que facilitan ó dificultan las orzadas y arribadas, y que dependen del número y particular sitio de las velas mareadas, y de la calidad y colo-

cacion de los pesos que componen la carga. Despues se manifiestan los medios que deben practicarse á fin de aumentar la propension del navio para la orzada, ó para moderar esta última y facilitarle la arribada. Por último se concluye con evidenciar la necesidad de admitir la doctrina de D. Jorge Juan para dar razon de los efectos que se observan en la práctica, indicando la insuficiencia del modo con que algunos autores los explican.

Cap. XI. *De los momentos con que un número qualquiera de velas contribuyen á la inclinacion de un buque, y de aquellos con que este los resiste.*

Este capítulo se divide en dos partes. La primera se emplea en probar todas las causas que favorecen las inclinaciones, y la segunda en manifestar aquellas que las dificultan. Aunque se procede con alguna extension en toda esta materia no se sale, para las demostraciones, de los principios establecidos en esta obra: y solo se hace uso de una fórmula del Exâmen Marítimo para recopilar la doctrina de este capítulo, y añadir algunas otras reflexîones útiles.

Cap. XII. *De los efectos del timon.*

Antes de tratar de las viradas se habla de los efectos de esta máquina. Se indican las razones que favorecen la disposicion que se le dá en la práctica, aunque no sea en rigor la que generalmente se ha concluido por la teórica para conseguir su modo de obrar mas ventajoso. Considerando despues los efectos del timon para el caso de notable deriva, se concluye que esta máquina facilita los movimientos de arribada con preferencia á los de orzada. Se indica la diminucion de efectos que sufre la pala del timon para hacer arribar un buque quando este se halla muy tumbado, y se concluye con manifestar la parte de la pala que

puede suprimirse sin alteracion del gobierno del buque, y con muchas ventajas del manejo y seguridad de dicha máquina.

Cap. XIII. *Del particular uso de las velas.*

Antes de hablar de las viradas se exâmina el uso particular de cada vela. Se manifiesta el modo de disponer las velas de proa para que con vientos largos, escasos, en facha ó mareadas en la forma ordinaria sirvan para orzar: y por el contrario las de popa puedan servir para arribar en semejantes circunstancias.

Cap. XIV. *De las viradas, y primero de la virada por avante.*

Se habla primero de la virada por avante. Omitiendo el material uso de las voces, se reflexîonan los varios agentes que contribuyen á verificar esta virada. Reconocidos estos se pasa á emplearlos todos á la vez y sucesivamente. Del exâmen de ambas prácticas se concluye la adopcion de cada una de ellas segun las circunstancias de floxos ó frescos vientos, de llanas ó altas mares. Se notan las alteraciones de la estiva que favorecen ó dificultan esta maniobra, y se concluye recopilando las causas que le son favorables, haciendo algunas reflexîones acerca de la imposibilidad y riesgos que hay de conseguir esta virada en muchas ocasiones.

A los medios indicados para conseguir la virada por avante, y que se adaptan inversamente á la virada por redondo, se añade la mayor facilidad que nos dán para conseguir este movimiento la disposicion del timon y el uso de las velas. Seguidamente se manifiesta la dificultad que hay en conseguir la virada por redondo quando el buque se halla muy tumbado, y se reflexîona acerca de la maniobra de cortar los palos de la parte de popa del centro de gravedad para conseguir la arribada de una embarcacion.

CAP. XV. *De la facha.*

A los medios discurridos para variar el curso de un baxel siguen naturalmente los de detenerlo. Semejante objeto compone la doctrina de este capítulo, cuya inteligencia resulta facilísima mediante lo dicho anteriormente. Despues de haber reflexîonado acerca de los modos mas convenientes de ponerse en facha segun las circunstancias, se insinúan los de ponerse á rumbo segun el método de facha que se hubiese adoptado, y el número de quartas en que se quiera navegar.

CAP. XVI. *Del modo de dar la vela estando aproados al viento.*

Se hacen las reflexîones fundamentales acerca de los varios medios de abatir la proa de un buque segun las quartas en que se pretende navegar, la angostura de los sitios donde se práctica la maniobra, y los estados de quietud ó movimiento de las aguas.

CAP. XVII. *De la capa.*

Se describen muchos métodos de capear reflexîonando la clase de movimientos á que queda sujeto el buque, y lo que padece su casco en cada uno. Despues se advierten generalmente los medios de ponerse á camino y de efectuar la virada por redondo, segun el distinto modo de capear que se hubiese adoptado.

CAP. XVIII. *Del modo de conocer la verdadera direccion del viento á pesar de la errada que nos indican las grimpolas.*

Nada es mas importante para todo cambio de rumbo que el conocimiento de la direccion del viento. Con este objeto se evidencia, con los solos principios de la composicion y descomposicion de las fuerzas, que exceptuado el caso de navegar

viento en popa y sin corrientes obliquas á la direccion del viento, en todos los demas el rumbo que señalan las grimpolas está léjos de ser el del viento. Se advierten las perjudiciales conseqüencias á que puede inducir este errado concepto: y se concluye con dar varios métodos unos geométricos y otros prácticos, para averiguar el error que dan las grimpolas y asegurarse no solo de la direccion del viento, sino del verdadero ángulo en que lo ciñe y puede navegar un buque.

Cap. XIX. *Descripcion de un anemometro.*

Tanto para verificar el proceder geométrico del capítulo anterior, como para muchas otras circunstancias de precaucion es de suma importancia á bordo el conocer la fuerza del viento. Con este objeto se describe el anemometro que trae Mr. Bouguere en su tratado del navio, y se dan varios medios para reducir la fuerza del viento á velocidad.

Cap. XX. *De los errores que pueden cometerse en el modo ordinario de observar los abatimientos causados por solo el efecto del viento.*

Se describe el modo de observar el abatimiento: las alteraciones que causan en la observacion los efectos de las corrientes segun lo profundo ó superficial de estas, y se indica un medio por el qual se pueden conocer probablemente las circunstancias en que el abatimiento observado corresponde al verdadero que ocasiona el impulso lateral del viento.

Cap. XXI. *Del camino que sigue el navio en virtud del viento que lo impele.*

Habiendo discurrido en los capítulos anteriores relativamente á dirigir la proa de un buque á determinados rumbos, es conseqüente que se reflexîone acerca del verdadero camino que

hace en virtud del viento que lo impele. Para esto con los meros principios de la composicion y descomposicion de las fuerzas, se deducen las quatro velocidades que toma un buque: directa, obliqua, lateral y aquella con que sale á barlovento. Se evidencian las alteraciones que en las dichas ocasionan la direccion del viento y el distinto braceo de las vergas, concluyendo con la dependencia que las mismas pueden tener de la formacion de la estiva.

Cap. XXII. *Del exâmen de las fórmulas de D. Jorge Juan relativas al particular influxo de los distintos braceos de las vergas, direcciones del viento y disposicion de la estiva en las velocidades de un buque.*

Habiendo insinuado en general la dependencia que tienen las velocidades de un buque de la direccion del viento, braceo de las vergas y estado de la estiva, se hace uso de las fórmulas del Exâmen Marítimo, para concluir con mas individualidad el influxo de dichas causas y los determinados ángulos que deben formar entre sí, el viento, las vergas y la quilla para obtener el máxîmo de las velocidades obliquas y directas, y la mínima deriva. De paso se advierte la limitacion de las tales fórmulas, previniendo el trabajo que alguno pudiera tomarse en su observancia.

Cap. XXIII. *De las providencias que conviene tomar en los temporales para la seguridad de los buques: y primero de la formacion y movimiento de las olas.*

Dada la idea de la formacion y movimiento de las olas, se exâminan los efectos que deben causar contra un buque segun las varias circunstancias de su direccion, el número de velas de

que se hace uso en el baxel, la figura que guardan los costados de este último en la inmediacion de la línea de agua, y el partido que se abrace de navegar de bolina ó de arribar en popa. Despues se introducen las fórmulas de D. Jorge Juan que evidencian las causas que exponen ó aseguran la arboladura, disminuyen ó aumentan las cabezadas y balances, y dificultan las inundaciones. De este modo en la mera inspeccion de estas fórmulas y la lectura de la explicacion que aquí se dá de ellas, tiene el Marinero recogidos, y como en punto menor, todos los preceptos fundamentales de la Maniobra que le sirvan de gobierno en quanto deba providenciar en los malos tiempos para su perfecta seguridad.

Cap. XXIV. *De la razon de haber adoptado las fórmulas del Exâmen Marítimo de D. Jorge Juan, con preferencia á las que sobre iguales puntos traen otros autores.*

Se explican varias opiniones acerca de las resistencias de los fluidos indicando las circunstancias á que no se atiende en estas opiniones. Despues se dá una breve idea de la nueva teórica de D. Jorge Juan, y se manifiestan algunas particularidades á que atiende este autor.

Cap. XXV. *De la estiva.*

Se deducen las miras que deben tenerse presentes para la formacion de la estiva con arreglo á los principios teóricos, y despues se desciende á todo el por menor de los casos prácticos. Siendo comun en varias comisiones aumentar ó disminuir el peso de la carga, se explica el uso y formacion de las tablas y escalas estereográficas mediante las quales puede qualquiera concluir, sencillamente y en el instante, la cantidad que eleva ó baxa la línea de agua la adicion ó substraccion del nuevo carga-

mento. Seguidamente se reflexîona acerca del influxo que puede tener en las propiedades de un navio la distinta colocacion de los pesos que componen la carga. Se dan los medios de emendar estas propiedades, y se concluye con evidenciar lo que influye la estiva en las velocidades de los buques, no solo por las distintas resistencias que experimentan sus cascos, á causa de las alteraciones de su calado, sino por el diverso ángulo con que la fuerza horizontal del viento obra contra las velas. Por último se concluye con dar idea del plan de estiva de Mr. Misesi.

Cap. XXVI. *Del flete y arqueo de las embarcaciones.*

Vistos los inconvenientes que tiene el establecer el flete de los buques contando con sus capacidades ó toneladas de arqueo, se fixa el precio de los fletes sobre sus toneladas de desplazamiento. Se aconseja el mejor repartimiento que puede hacerse de los varios efectos de transporte, segun la distinta construccion de las embarcaciones de un comboy. Seguidamente se dan algunos métodos prácticos para obtener con suficiente exâctitud las toneladas de desplazamiento de qualquiera buque, sus capacidades ó toneladas de arqueo, y las relaciones del porte y capacidad de la embarcacion con el peso y volumen de los efectos de la carga.

PRINCIPIOS PRELIMINARES.

1 Quando dos cantidades heterogéneas, ó de distinta naturaleza, varían en una cierta relacion determinada, como si los diversos valores de la cantidad variable x deben ser siempre proporcionales á los de la cantidad variable y, en la Mecánica se expresa esta relacion por medio de una equacion: y se hace, por exemplo, $x = y$; lo qual está muy léjos de significar que x sea igual á y (quando estas cantidades son heterogéneas; porque x, por exemplo, puede representar una fuerza, é y un tiempo): lo que dicha expresion significa solamente es, que x está siempre como y; de manera que si x resulta triplo, por exemplo, y lo resulta tambien en el momento. Del mismo modo la expresion $x = y.z$ significa: los valores de x están siempre entre sí como los productos de los valores de y y de z; ó bien los valores de x están en razon compuesta de las razones directas de los valores de y y de z. La expresion $x = \frac{yz}{ut}$ significa: los valores de x están entre sí como el producto de los valores de y y de z, dividido por el producto de los valores de u y de t; ó bien, están entre sí en razon compuesta de las razones directas de los valores de y y de z, y de las razones inversas de los valores de u y t. Alguna vez se expresa esta relacion diciendo: x está directamente como y y z, y recíprocamente como u y t. En fin esta expresion $x = \frac{1}{yz}$ significa: los valores de x están entre sí en razon compuesta de las inversas de los valores de y y de z, ó bien los valores de x están recíprocamente como y z.

2 Quando en una fórmula algebráica se encuentra alguna cantidad que es constante por su naturaleza, ó bien que se la supone tal, ya se encuentre de por sí sola en dicha fórmula, ya con otras igualmente constantes, entónces sin alterar la relacion entre las cantidades variables que se encuentran en dicha fórmula, se la simplifica mucho mas substituyendo 1 en vez de cada cantidad constante, y haciendo la reduccion que trae consigo dicha substitucion. Por exemplo: en la fórmula $p = \frac{abx}{cy}$ que expresa un valor absoluto de p, si se supone que a, b, c son unas cantidades constantes, en tal caso haciendo cada una de ellas $= 1$, y substituyendo, la fórmula se reduce á $p = \frac{x}{y}$: lo que no representa ya un valor absoluto de p, sino la relacion de sus dife-

rentes valores segun varíen los de x é y. Igualmente, si en la fórmula $q=\frac{a\,t}{z}$ se hace constante $a\,t$, quedará $q=\frac{1}{z}$: lo que no quiere decir ya que q es igual á $\frac{1}{z}$, sino solamente que q varía en razon inversa de z.

Definiciones.

3 Un cuerpo es un agregado de materia que goza de las tres dimensiones: latitud, longitud y profundidad.

4 Las propiedades generales de la materia son: 1.º el ser impenetrable: esto es, que dos ó mas cuerpos distintos no pueden ocupar á un tiempo mismo el propio lugar: 2.º el ser susceptible de movimiento: 3.º el que puede suponerse dividida en infinitas partes.

5 En un cuerpo podemos considerar su volumen, y su masa.

Todo cuerpo está penetrado de multitud de poros en todos sentidos. De esto resulta el que cierta cantidad de materia ocupa mas lugar del que ocuparia sin dicha circunstancia: lo mismo ha dado lugar á distinguir la masa del volumen. Por masa se entiende la cantidad absoluta de materia que compone un cuerpo. Por volumen se entiende el espacio que el cuerpo ocupa en el lugar donde se halla: de suerte que si pudiésemos quitar la porosidad á los cuerpos, su volumen resultaria igual á su masa.

6 Un cuerpo resulta tanto mas denso ó compacto, segun la mayor cantidad de masa que encierra en menor volumen. Si llamamos D la densidad de un cuerpo, S su volumen, y M su masa, tendremos $D=\frac{M}{S}$. Lo que nos da á entender (ar. 1.) que la densidad de un cuerpo aumenta en razon directa de su masa, y en inversa del volumen ó lugar que ocupa.

7 Las diversas propiedades advertidas en los cuerpos han dado lugar á dividirlos en varias clases. Sólidos son aquellos cuyas partes conservan naturalmente entre sí adherencia, como una piedra ó un pedazo de madera.

8 Fluidos son aquellos cuyas partes ceden inmediatamente á toda impresion, y cediendo se mueven fácilmente entre sí.

9 Duros se denominan los que no varían su figura por medio de las impresiones de otros.

10 Blandos, al contrario, se llaman los que alteran su figura con qualquiera impresion.

11 Elásticos son aquellos cuyas partes ceden á la impresion de otros cuerpos, y vuelven á restablecerse súbitamente en su primera situacion.

12 Tenaces son los que conservan una adherencia glutinosa entre sus partes, cuya natural viscosidad adhere á los demas cuerpos extraños, é impide su separacion.

13 Movimiento es la traslacion de un cuerpo de un lugar á otro.

14 Reposo es la permanencia de un cuerpo en un mismo lugar.

15 La idea del movimiento encierra: 1.º la de una fuerza ó potencia que lo causa: 2.º la de un cuerpo ó movil sobre quien se emplea la fuerza: 3.º la de un espacio comprehendido entre los términos del movimiento: 4.º la del tiempo de su duracion.

16 La comparacion de estas últimas ideas, es á saber, la del espacio, y la del tiempo empleado en describirlo, suscita la idea de la velocidad del movimiento; porque se concibe desde luego que un cuerpo goza de una velocidad proporcionada al espacio que describe, y al tiempo que emplea en describirlo. Quanto mayor es el espacio y menor el tiempo, tanto mayor es la velocidad; y al contrario.

17 Las diferentes posiciones de los espacios descriptos por los cuerpos se llaman direcciones del movimiento.

18 De la diversa combinacion de estas direcciones con las diferentes velocidades proceden varias especies de movimientos.

Movimiento uniforme se denomina quando un cuerpo describe espacios iguales en tiempos iguales; ó lo que es lo mismo, siempre que el cuerpo conserva una misma velocidad.

19 Acelerado, quando el cuerpo en tiempos iguales describe espacios que aumentan mas y mas; ó bien quando el cuerpo va aumentando contínuamente su velocidad.

20 Retardado, quando la velocidad del cuerpo va disminuyendo contínuamente.

21 Los movimientos pueden ser simples ó compuestos, y pueden verificarse en líneas rectas ó curvas, en un mismo plano ó en diferentes.

22 Por el nombre de fuerza ó potencia se entiende toda causa qualquiera que exerce su accion sobre un cuerpo, con el fin de alterar su estado de quietud ó movimiento, verifiquese ó no esta alteracion.

23 El efecto de la accion de una causa que ha puesto un cuerpo en movimiento, consiste en haberle comunicado por este movimiento una fuerza igual á la accion que lo ha producido. De suerte que un cuerpo en movimiento, si tropieza con otro, le comunica toda la fuer-

za que la causa motriz hizo contra él. Todas las experiencias acreditan esta verdad, en conseqüencia de la qual se podrá entender por la voz fuerza, el efecto de un movimiento comunicado.

24 Llamase fuerza absoluta todo el esfuerzo de que es capaz una potencia: y fuerza relativa todo el esfuerzo de que es susceptible una potencia en las particulares circunstancias en que se aplica. Mas adelante darémos la definicion de otras diferentes especies de fuerzas.

Axîomas.

25 Los efectos son proporcionales á sus causas. Esto quiere decir que un efecto crece en la misma razon que la accion de la causa que lo produce; y disminuye en la misma razon que dicha accion disminuye. En general: si una causa C produce un efecto E, quando dicha causa resulte $m\,C$, producirá un efecto $m\,E$: denotando por m un coeficiente qualquiera, entero ó fraccionario.

26 Siguese de este axîoma, que si un efecto depende de muchas causas heterogéneas, este efecto es siempre como el producto de las causas que creciendo lo aumentan dividido por el producto de las que creciendo lo disminuyen. Ó de otro modo: un efecto producido por muchas causas heterogéneas, está en razon compuesta de las razones directas de todas aquellas que deben crecer para aumentarlo, y en la compuesta de las razones inversas de todas las que deben disminuir, para que tambien se verifique su aumento.

Un exemplo nos aclarará esto mismo. Supongamos que importe transportar un carro á un lugar qualquiera. Es evidente que lo mas fácil ó dificil de este transporte ó efecto E depende de la carga P del carro; del número N de caballos que se empleen; del vigor V de estos mismos caballos; de lo largo L del camino; de lo cómodo del camino F; y del tiempo T que importe consumir en el viage. En virtud de lo dicho se infiere naturalmente, que la facilidad del supuesto transporte aumentará segun aumente el número de caballos, su vigor, lo cómodo del camino y el tiempo; y á medida que disminuya la carga y la longitud del camino. En conseqüencia tendremos $E = \frac{NVFT}{PL}$.

La razon es: porque si estas seis condiciones subsistiesen idénticas, el efecto E seria siempre el mismo, y en semejante caso el efecto E, (ar. 2.) y cada una de las cantidades P, N, V, F, L, T como á constantes podrian suponerse $= 1$. Pero como nosotros pretendemos saber lo que resulta quando estas cantidades varían; demos el caso de

que varíen sucesivamente, y que en el primer instante, subsistiendo constantes cinco de las dichas condiciones, aumente el número de caballos en la razon de 1 á 3; ó bien que N resulte $= 3$, en semejante circunstancia resulta tres veces mas fácil el transporte E: esto es, E será $= 1 + 1 + 1 = 3 = N$. Si en el instante sucesivo el vigor de cada caballo aumentase en la razon de 1 á 4, ó si V resultase $= 4$, en semejante caso cada uno de los caballos seria capaz de producir un efecto quadruplo del anterior; y E resultaria $= 4 + 4 + 4 = 3 \times 4 = NV$: esto es, $=$ al número de caballos multiplicado por el vigor de cada uno supuesto el mismo. Si en el instante siguiente fuésemos árbitros en duplicar el tiempo del viage, T resultaria $= 2$, y lo fácil del transporte sería duplo, y $E = 12 + 12 = 3 \times 4 \times 2 = 24 = NVT$. Si posteriormente lo cómodo del camino aumentase en razon de 1 á 5, ó si F resultase $= 5$, el esfuerzo de cada uno de los caballos resultaria quintuplo; y $E = 24 \times 5 = 120 = NVFT$. Si despues el peso de la carga aumenta en la razon de 1 á 4: esto es, si $P = 4$, es evidente que el primitivo esfuerzo de los caballos solo producirá en el todo de la carga actual una quarta parte del efecto que en la primitiva; y por consiguiente el efecto E resulta $= \frac{24 \times 5}{4} = \frac{120}{4} = 30 = \frac{NVFT}{P}$. Por último: si despues ocurre transportarse á una distancia doble de la primera; esto es, si L resulta $= 2$, en tal caso lo fácil del transporte disminuye de la mitad, y E resulta $= \frac{120}{4 \times 2} = \frac{120}{8} = \frac{30}{2} = 15 = \frac{NVFT}{PL}$.

27 En quanto á las causas homogéneas ó de la misma naturaleza, que entran para producir un efecto, se puede decir, que el dicho está como la suma de las causas homogéneas que aumentando aumentan el efecto, ménos la suma de aquellas cuyo aumento lo disminuye. Porque las causas homogéneas obran del mismo modo, y solo se diferencian en el nombre. En virtud de lo qual es evidente, que en igualdad de todas las demas circunstancias, la facilidad de transportar un carro arrastrado á la vez por hombres y caballos, aumenta en razon de la suma de la fuerza de los dichos hombres y caballos.

28 Un cuerpo no tiene de por sí virtud, ni fuerza alguna para alterar su estado de reposo ó movimiento.

29 Por consiguiente si un cuerpo está en el reposo, permanecerá siempre en la misma situacion hasta que se le aplique alguna causa

exterior que lo ponga en movimiento. Igualmente un cuerpo puesto en movimiento permanecerá moviéndose hasta que alguna causa lo detenga.

30 Un cuerpo que ha recibido un impulso para moverse, se mueve siempre proporcionadamente á dicho impulso sin mudar de direccion, ni aumentar ó disminuir su velocidad: esto es, que dicho cuerpo camina siempre uniformemente y en línea recta.

31 Un cuerpo en movimiento no puede describir un poligono, ó una línea curva, á ménos que alguna otra causa no le altere su direccion cada vez que describe uno de los lados determinados del poligono, ó los infinitesimos de la curva.

32 Un cuerpo en movimiento no puede aumentar su velocidad, á ménos que no reciba un nuevo impulso mas favorable que contrario al primitivo: tampoco puede disminuirla, á ménos que no reciba un nuevo impulso mas contrario que favorable al primero.

33 La accion es igual á la reaccion. En efecto no podemos concebir accion física alguna sin un obstáculo, ni tampoco una accion mayor que un obstáculo. Quando la accion es menor que el obstáculo, la dicha resulta sin efecto, y queda anulada en virtud de una resistencia que le opone el obstáculo, que siempre es igual, y contraria á la accion. Si yo arrastro una piedra por medio de una cuerda, la cuerda en realidad está igualmente tirante, esto indica que la resistencia de la piedra tira la cuerda tanto hácia su parte, como la accion de mi mano hácia la mia; y en efecto, si en esta situacion se corta la cuerda por mitad, la parte correspondiente á mi mano se retira hácia mí por su natural resorte, y la perteneciente á la piedra se retira hácia ella: es evidente que si la piedra no tirase de la cuerda, esta última deberia caminar solamente hácia mí.

Este axîoma fluye necesariamente de la propiedad que (art. 28.) hemos dado á los cuerpos de permanecer en su estado de quietud ó movimiento; esta propiedad, que se denomina inercia, es proporcional á la masa ó cantidad de materia de que se componen los cuerpos.

De la composicion y descomposicion de las fuerzas.

34 Si dos fuerzas iguales P y p obran á un tiempo opuestamente contra un cuerpo C á lo largo de la línea recta P p (Lam. I. figur. 1.), dicho cuerpo quedará inmovil. En efecto todo el movimiento que la potencia P procura darle de C para p, queda enteramente destruido por el que le imprime p de C para P. Muy al contrario sucede si las

dos fuerzas P y *p* impelen á un tiempo mismo el cuerpo C en el mismo sentido, segun una línea recta qualquiera. En este caso debemos suponer las dos potencias P y *p* reunidas en P; y si en virtud de una sola de ellas el cuerpo C debe trasladarse durante un segundo de tiempo de C á *p*, describiendo el espacio C *p*, en virtud de las dos iguales y reunidas, deberá correr durante el propio tiempo el duplo espacio C E.

35 Si en vez de suponer que las dos potencias P y *p* obran á lo largo de una misma recta contra el cuerpo C, ya sea en el propio sentido, ya opuestamente; suponemos que actuan contra dicho cuerpo segun dos direcciones, que se cortan formando un ángulo qualquiera como el P C *p* (de la Lam. I. fig. 2.), en tal caso tendremos que el cuerpo C describirá la diagonal C B del paralelogramo A D, formado sobre las dos direcciones y espacios C A, y C D, que una y otra potencia de por sí procurarian hacerle correr.

Para esto supongamos que el punto C de la Lam. I. fig. 2. represente un cuerpo, el qual se halle impelido en la direccion P C por una fuerza P, que si obrase sola, es capaz de trasladarlo al punto D de la línea D B durante un segundo de tiempo; y supongamos que durante igual intervalo otra fuerza *p*, obrando segun *p* C, sea capaz de transferirlo al punto A de la línea A B. Si ahora estas fuerzas obran en un mismo instante contra dicho cuerpo, tendremos: que en virtud de la fuerza P el cuerpo debe estar en la línea D B, y en virtud de la *p* debe hallarse en la A B, y esto durante el mismo intervalo de un segundo. Pero un cuerpo que al propio tiempo corresponde á dos líneas, es preciso que se halle en la interseccion de ambas para que esto tenga lugar, luego el cuerpo C, impelido á la vez por las fuerzas P y *p* que obran segun P C y *p* C, se halla al cabo de un segundo de tiempo en el punto B, el qual por ser el de la interseccion de las dos líneas A B y D B conviene á una y á otra.

Esto quiere decir: que durante el intervalo de un segundo en que el cuerpo C, animado de la fuerza P, hubiera descripto el espacio C D; y el C A, animado de la fuerza *p*, describe la diagonal C B del paralelogramo A D formado sobre las direcciones, y espacios que le harian correr en igual tiempo las fuerzas separadas P y *p*.

36 Si una fuerza F obrando segun F C fuese capaz de transportar á B el cuerpo C durante un segundo de tiempo, tendremos que esta sola fuerza separada produce en el cuerpo C el propio efecto que las dos P y *p*.

Por consiguiente á dos potencias que concurren á la vez para el

movimiento de un cuerpo, formando un ángulo qualquiera entre sí, podemos substituirles otra tercera única, y al contrario toda potencia única como F podemos descomponerla en otras dos, que en el mismo tiempo produzcan igual efecto. En el primer caso la potencia resultante se podrá expresar por la diagonal del paralelogramo formado sobre sus direcciones, y en el segundo la potencia única se podrá descomponer en los lados de un paralelogramo de quien la fuerza única resulta tambien diagonal.

37 En medio de esto debemos tener presente, que la suma de las dos fuerzas reunidas P y *p*, que se necesitan en la figura citada para componer la otra única F, es siempre mayor que la última que nos resulta, y al contrario: una fuerza compuesta es siempre menor que la fuerza de aquellas en que se descompone. Esto se presenta evidentemente en la Lam. I. fig. 2.; porque la base C B debe ser menor que la suma de los dos lados C D, y D B. Por consiguiente podemos substituir dos fuerzas á una sola, ó al contrario; pero teniendo presente siempre, que las dos reunidas han de ser mayores que la única, é inversamente, para conseguir iguales efectos en ambos casos.

38 La diversidad del ángulo P C *p*, que formen las dos direcciones que concurren al movimiento del cuerpo C, variará los efectos del movimiento de dicho cuerpo. Porque en el caso de ser el ángulo P C *p* de la Lam. I. fig. 2. de 180° las potencias P y *p*, obrando opuestamente á lo largo de una misma recta, si son iguales dexarán el cuerpo C inmovil como vimos (art. 34.); y si desiguales, el cuerpo C se moverá en la direccion de la mayor potencia, con una cantidad de movimiento correspondiente al exceso de dicha mayor potencia sobre la menor. Si por el contrario el ángulo P C *p* resultase cero, las dos potencias P y *p* obrarian en el propio sentido á lo largo de una misma recta, y el movimiento del cuerpo C resultaria proporcional á la suma de ambas.

39 Un cuerpo impelido á la vez por muchas potencias, que obran en direcciones diferentes en un mismo plano, se mueve como si solamente se hallase impelido por una sola fuerza, equivalente al efecto de los esfuerzos reunidos de todas las potencias supuestas, y participa, en quanto es dable, de la direccion de cada una de ellas. Supongamos, por exemplo, que quatro fuerzas impelan á la vez á un cuerpo C (Lam. I. fig. 3.), de suerte que en igual tiempo, la primera sea capaz de hacerle describir el espacio C D, la segunda el C A, la tercera el C E, la quarta el C G; el cuerpo se moverá uniformemente

segun la C H, cuya direccion participa, en quanto es dable, de las quatro C D, C A, C E, C G; su velocidad y fuerza nos la representará igualmente el espacio C H, que participa, en quanto es posible, de las velocidades y fuerzas representadas por las líneas C D, C A C E, C G. Para determinar la línea C H, importa construir el paralelogramo A D con los lados C D, y C A; la diagonal C B representará el efecto de la reunion de los esfuerzos C D, y C A. Considerando despues la diagonal C B como una sola fuerza, se construirá con dicha C B, y la C E, el paralelogramo E B; cuya diagonal C F representará el efecto de la reunion de los esfuerzos de C E, y de C B; esto es, de las tres primeras fuerzas. Por último, constrúyase con la C F, y la C G, el paralelogramo G F; cuya diagonal C H nos representará el efecto de las quatro fuerzas reunidas. En efecto, si en vez de principiar formando el paralelogramo con los lados C D, y C A, se principia formándolo con los C G, y C E, nos resultará la diagonal C K; y si con dicha, y con la C A, hacemos el paralelogramo C K J A, tendremos la diagonal C J; con la qual, y con C D, se hará el paralelogramo C J H D, que nos dará la misma diagonal C H. Tambien podria encontrarse igual resultado formando los paralelogramos A D, G E, K B.

40 Habiendo construido una figura que represente la posicion de todas estas diagonales, puede hallarse por trigonometría la relacion y direccion de la fuerza resultante C H. Sean los ángulos D C A de 56°, A C E de 45°, E C G de 28.° Las fuerzas ó espacios que les son proporcionales, C D = 10, C A = 13, C E = 14, C G = 8. 1° En el triángulo C D B se conocen; los lados C D = 10, D B = C A = 13, y el ángulo C D B de 124°; porque es suplemento del ángulo dado D C A que es de 56.° Luego segun las reglas de la trigonometría, el ángulo B C D vale 31° 58′, y C B, 20, 36. Restando de 56°, 31° 58′ quedan 24° 2′ por el valor del ángulo B C A: si á este se le añade el ángulo A C E de 45°, la suma 69° 2′ compondrá el ángulo B C E. Pero á causa del paralelogramo B C E F, en el triángulo B C F conocemos; B C = 20, 36, B F = C E = 14, y el ángulo C B F (suplemento de B C E) de 110° 58′. Por un cálculo semejante resulta el ángulo B C F de 27° 16′, y el lado C F de 28, 54. Por último, sumando D C A de 56°, A C E de 45°, E C G de 28°, y de la suma 129° restando D C B de 31° 58′, y despues B C F de 27° 16′, nos queda F C G de 69° 46′; y en el triángulo F C H, á causa del paralelogramo F C G H, se conocen C F = 28, 54; F H = C G = 8, y

el ángulo comprehendido de 110° 14′. Luego por un cálculo semejante tendremos F C H de 13° 29′, y C H = 32, 19. Por consiguiente: si á D C F de 59° 14′, se añaden 13° 29′, resultarán 72° 43′ que es el ángulo D C H del camino que hace el cuerpo con la primera direccion C D; y el espacio que corre, es al espacio C D; como 32, 19 á 10.

41 Síguese de aquí, que qualquiera que sea el número de fuerzas que en un tiempo mismo obra sobre un cuerpo, se le puede reducir al número de tres, de dos, de una, ú otro que se quiera; y recíprocamente: que no exìste fuerza alguna la qual no podamos descomponer en un número qualquiera de fuerzas; con tal que dichas fuerzas sean siempre lados de paralelogramos de los quales resulte diagonal la fuerza descompuesta.

42 Á causa de P C (Lam. I. fig. 2.) igual, y paralela á F *p*; ó de *p* C paralela, é igual á F P, es claro, que se pueden considerar los tres lados del triángulo F P C, ó los del F *p* C como representantes de las dos fuerzas componentes, y de la compuesta. Podremos pues, muy bien, en vez de los paralelogramos, servirnos de triángulos para expresar la composicion y la descomposicion de las fuerzas.

43 Sentado todo esto, supongamos que á una fuerza dada F, se quieran substituir dos fuerzas P, *p* que produzcan el mismo efecto. Este problema encierra dos casos. Porque ó bien se da la posicion de las direcciones de estas dos fuerzas P, *p*, ó bien dichas fuerzas se representan por líneas de determinada extension.

Solucion del primer caso. Supongamos que la recta F C (Lam. I. fig. 2.) exprese la fuerza dada F; hágase en el punto C un ángulo *p* C P igual al ángulo que forman entre sí las dos direcciones dadas; pero teniendo presente el incluir la recta F C en dicho ángulo: por el punto F tírense las paralelas F *p*, F P á los lados P C, *p* C que forman el ángulo que acabamos de construir: por este medio nos resultará el paralelogramo P *p* cuyos lados P C, *p* C representarán las fuerzas de que se trata.

Demonstracion. Prolónguense indefinidamente las líneas *p* C, P C, F C; y tomando sobre esta última el punto B á nuestro arbitrio, hágase el paralelogramo A D. En este caso, supuesto que P F es paralela á *p* A, y B D á *p* A, la F P, y la B D serán paralelas, y los ángulos F P C, C D B iguales por alternos. Por igual razon, el ángulo alterno P F C = C B D; por consiguiente los triángulos P C F, B C D son semejantes; luego F C : C B : : F P, ó *p* C : B D, ó C A : : P C :



C D. Pero la línea F C que es uno de los antecedentes nos representa una fuerza, luego *p* C, P C que son los otros antecedentes representarán asimismo fuerzas. Igualmente: C B conseqüente de la primera razon, representa el espacio que la fuerza dada F C hace correr al cuerpo C en un tiempo determinado; luego tambien los otros conseqüentes C A, C D representarán los espacios que las fuerzas *p* C, P C pueden hacer correr á dicho cuerpo; pero á causa que los espacios C B, C A, C D son proporcionales á las fuerzas F C, *p* C, P C, dichos espacios podrán describirse en el propio tiempo; por consiguiente la fuerza F moverá el cuerpo C de C para B, en el mismo tiempo que la fuerza *p* de C para A, y la fuerza P de C para D; luego la reunion de las dos fuerzas *p*, P produce el mismo efecto que la sola fuerza primitiva F; y por consiguiente pueden muy bien substituírsele.

44 Solucion del segundo caso, en el qual se supone que las fuerzas se representan por líneas de determinada extension como *p* C, y *p* F. Para que el problema tenga lugar es menester que la suma de ambas fuerzas sea mayor que la fuerza dada F C segun lo dicho (art. 37.)

Fórmese un triángulo F *p* C con las tres líneas dadas F C, *p* F, *p* C; y tírese la C P paralela á *p* F, y la F P paralela á *p* C; nos resultará un paralelogramo cuyos lados *p* C, P C, determinarán la direccion de las fuerzas que se buscan como evidentemente se echa de ver.

45 Teniendo presente la doctrina insinuada acerca de la composicion y descomposicion de las fuerzas, supongamos que se quiera mover un cuerpo ó plano E D (Lam. I. fig. 4.), por medio de una fuerza A C aplicada en su centro C, y que obra segun la direccion A C obliqua al mencionado plano. Dicha fuerza obliqua A C la podemos descomponer en las dos A E, y E C; la 1ª perpendicular, y la 2ª paralela á E D. Supuesta esta descomposicion, no hay duda que la fuerza absoluta A C producirá el propio efecto, respecto al movimiento del cuerpo C, que las otras dos A E, y E C en que la hemos descompuesto. En virtud de la fuerza E C el cuerpo debe adelantar de C para G, y en virtud de la A E de C para B. Por consiguiente: toda fuerza aplicada obliquamente á un cuerpo libre procura moverlo en dos sentidos; y de todo el esfuerzo absoluto A C empleado para el movimiento del cuerpo C, en quanto á su adelantamiento en el sentido C B, obra la sola parte A E. Por consiguiente: si para el movimiento del cuerpo C en el sentido de la línea C B, empleamos una fuerza que obra segun la direccion obliqua A C, no

lograremos moverlo segun la C B en mayor cantidad de lo que hubiéramos conseguido aplicándole una fuerza menor F C perpendicular al cuerpo, y coincidente con la direccion del movimiento que se pretende. De aquí debe deducirse la prodigiosa variedad de movimientos que pueden resultar á los cuerpos, de resultas de la distinta obliquidad de una misma fuerza que se les aplique.

46 Acabamos de ver que de toda la fuerza absoluta A C aplicada al cuerpo C, sola la parte A E, ó su igual F C, contribuye al movimiento del cuerpo en el sentido C B. Por el contrario: si el esfuerzo absoluto que se emplea contra el cuerpo obra segun la direccion perpendicular F C, entónces el cuerpo se moverá en el sentido C B con todo el efecto de la tal fuerza absoluta. Sentado esto, se ve que los efectos que produce una fuerza absoluta que obra obliquamente contra un cuerpo, respecto á su movimiento segun el sentido perpendicular, serán á los de otra fuerza absoluta que obre perpendicularmente, como el seno del ángulo de la obliquidad al radio; y en la Lam. I. fig. 4. y caso propuesto, como sen A C E al radio.

47 Si en el triángulo rectángulo E A C hacemos la fuerza absoluta $AC = f$, y el ángulo en $A = \delta$, sacaremos la expresion de la fuerza paralela E C diciendo; $R : \text{sen}\ \delta :: f : EC = f\ \text{sen}\ \delta$. Por el mismo estilo concluiremos la expresion de la fuerza perpendicular A E diciendo; $R : \cos\delta :: f : AE = f \cos\delta$.

De la gravedad.

48 Por gravedad se entiende aquella fuerza, que aníma á los cuerpos segun una línea vertical perpendicular á la superficie de las aguas, y la qual obra en el descenso de todos los cuerpos. Aunque la tierra, ó la superficie de las aguas no sean perfectamente esféricas; sin embargo podemos imaginar que lo son sin error sensible, y por consiguiente, que las direcciones de la gravedad concurren en el centro de la tierra. Tambien podemos suponer en el servicio de las máquinas, que las direcciones de la gravedad son paralelas entre sí, y asimismo que dicha fuerza es igual en todas las alturas, ó profundidades en que podemos experimentarla para nuestros usos.

49 Importa concebir esta fuerza de la gravedad, como una fuerza que á cada instante actúa igualmente sobre cada una de las partículas de la materia. No hay duda, en que si cada una de las partes de un cuerpo recibe igual velocidad, el todo del cuerpo habrá de caminar con la propia velocidad que recibiria una qualquiera de sus

partes separada de la masa. De suerte que la velocidad que la gravedad comunica á una masa qualquiera, en modo alguno depende del tamaño de esta última, y resulta idéntica para los cuerpos grandes ó pequeños. Sin embargo observamos que no todos los cuerpos emplean un propio tiempo en caer de igual altura. Esta diferencia dimana de la resistencia del ayre; y así quando los cuerpos se abandonan á la gravedad en un lugar vacio de ayre, se advierte que los cuerpos de masas muy diversas caen de una misma altura en el propio tiempo.

50 En conseqüencia de lo qual se ve, que conviene mucho el distinguir los efectos de la gravedad de los del peso. El efecto de la gravedad consiste en procurar á cada partícula de materia una cierta velocidad independente de su número. Pero por el nombre peso entendemos aquel esfuerzo que se pone en obra, para impedir el que una masa propuesta obedezca á los impulsos de la gravedad. Se dexa ver que dicho esfuerzo depende de dos cosas: á saber, de la velocidad que la gravedad procura á cada partícula, y del número de dichas partículas. La velocidad que la atraccion comunica á cada partícula es igual en todas ellas; y por consiguiente el esfuerzo que importa poner en obra para suspender una masa, ó su peso, es proporcional al número de sus partículas. De donde se deduce, que si un cuerpo pesa mas que otro, la masa ó número de partículas materiales del primero es mayor que el del segundo; y por consiguiente, que la masa de los cuerpos es proporcional á su peso.

51 Supuesto que la gravedad obra igualmente y sin interrupcion contra los cuerpos, en todas las alturas de que podemos hacer uso, resulta que la gravedad es una fuerza aceleratríz constante, que á cada momento comunica al cuerpo movible un grado de velocidad, el qual es siempre el mismo para cada instante igual de tiempo. De manera que las velocidades adquiridas aumentan como los tiempos empleados. No es de nuestro obgeto seguir la indicacion de todas las demas propiedades, que convienen á esta fuerza como aceleratríz constante; bastándonos lo dicho, para definir las fuerzas de presion y percusion, y establecer, aunque no completamente, la diferencia entre sus efectos.

De las fuerzas de presion y percusion.

52 Por fuerza de presion se entiende aquel efecto que produce contra un plano ó punto qualquiera, un cuerpo sobrepuesto que sim-

plemente gravita sobre dicho plano. De esta clase de fuerza es la que exerce contra un clavo, ó contra un yunque, un martillo que se les sobrepone y gravita sobre ellos sin sensible movimiento.

53 Por fuerza de percusion entendemos, el efecto que un cuerpo que camina con determinada velocidad causa contra otro al tiempo de chocarlo.

Á esta clase de fuerza debemos referir la que exerce contra un clavo, un martillo que lo golpea movido por nuestras manos. El exceso de esta ultima fuerza sobre la primera es harto extraordinario, para que no sea conocido de todos. Nosotros daremos razon de esta diferencia de fuerzas, suficiente para que no se extrañen en todos casos la diversidad de sus efectos. Omitiendo las inútiles qüestiones acerca de los nombres de las fuerzas vivas y muertas, recurrirémos solamente á una expresion que nos signifique una y otra fuerza.

54 Todo cuerpo que se abandona á su propio peso desde una determinada altura, recibe durante su caida reïterados impulsos por parte de la gravedad; este número de impulsos crece á medida del tiempo que emplea en caer. De aquí se infiere, que el efecto que causará un cuerpo que desciende libremente, por razon de la gravedad, sobre un plano, será proporcional al tiempo que dicho cuerpo consume en su descenso.

55 Sentado esto, supongamos que un cuerpo de una masa $= M$ emplee un segundo de tiempo en caer libremente sobre un plano; segun lo dicho, $1\, M$ será el esfuerzo que habrá recibido el plano por razon del choque. Si imaginamos otro cuerpo de una masa $= m$ que gravite simplemente sobre el plano, dicho cuerpo deberá tambien exercer un esfuerzo proporcional al tiempo en que desciende. Pero á causa de que lo suponemos coincidente con el plano tenemos, que la gravedad no le podrá comunicar sus impulsos durante otro tiempo, que aquel mismo que el plano que lo sostiene emplea en descender; y así suponiendo para la comparacion de las expresiones de ambas fuerzas, que el plano se ha profundizado de una línea por razon del peso sobrepuesto, tendremos que la masa m habrá recibido impulsos de la gravedad durante el tiempo necesario, para que un cuerpo libre describa el espacio de una línea. Si este corto espacio lo describe todo cuerpo durante un tercero de tiempo, tendremos que el esfuerzo con que obrará la masa m sobre el plano será $= \frac{m}{60}$, habiendo tomado un segundo de tiempo por unidad. Si en lugar de suponer que la masa

M empleó en descender un segundo de tiempo suponemos que empleó 2″, resultará 2 *M* la expresion de la fuerza de percusion, quando la de la presion de la masa *m* es solo $\frac{m}{60}$. De modo que en el supuesto de ser $M = m$, es en el caso presente la fuerza de percusion que exerce la misma masa *M*, 120 veces mayor que la de simple presion; porque si *M* y *m* valen cada una 10 libras, se reducirán las expresiones 2 *M* y $\frac{m}{60}$, á 20 y á $\frac{10}{60}$; ó lo que es lo mismo á 10 y á $\frac{10}{120}$. Á vista de esto ya no extrañarémos la razon de que 10 libras de peso que insisten simplemente sobre un clavo apénas lo profundicen, quando esto mismo lo conseguimos con un leve golpe de martillo.

Del equilibrio.

56 El primer estado baxo el qual conviene considerar las máquinas destinadas al aumento de las fuerzas es el del equilibrio. En el caso del movimiento la naturaleza de este da lugar á reflexîones particulares que deben tratarse separadamente. En atencion á esto, importa el que ántes de entrar en materia, digamos algo acerca de las propiedades distintivas del equilibrio que reyna entre muchas fuerzas, quando estas concurren á la vez para el movimiento de un mismo cuerpo.

57 Segun lo dicho (art. 36.), si suponemos que á mas de las fuerzas P y *p* (Lam. I. fig. 2.) obra contra C una fuerza R, capaz de hacerle describir durante un segundo la linea B C, impeliéndole de C para F, tendremos que el cuerpo quedará inmovil; porque el efecto de las dos fuerzas P y *p* se halla enteramente contrastado por la otra tercera R. Este estado de quietud en que queda el cuerpo por el concurso de estas fuerzas encontradas, es lo que se llama quedar en equilibrio.

58 Por consiguiente se puede decir que se verificará el equilibrio, quando muchas fuerzas que concurren á mover un cuerpo como C, (y las quales todas pueden reducirse á las P y *p*) encuentren una ó muchas fuerzas resistentes, que tambien pueden reducirse á una sola R, la qual sea igual y directamente opuesta á la resultante de las dos P y *p*. En general en el equilibrio las potencias que actuan para el movimiento pueden representarse por los lados, y la fuerza que resiste por la diagonal de un paralelogramo.

59 Luego quando tres potencias forman equilibrio entre sí, todas están en un mismo plano; pues forman un mismo paralelogramo.

60 Respecto á que, en el caso del equilibrio, el espacio C D representa la fuerza P, el C A la p, y el C B la R, podemos decir que unas fuerzas son á otras, como los espacios representantes de las unas á los espacios representantes de las otras. Esto es, que en el caso del equilibrio se tendrán siempre las proporciones siguientes entre las fuerzas R, P, p.

P: p:: C D ó A B: C A ó D B.
P: R:: C D: C B.
p: R:: C A: C B.

Y porque en los triángulos B C A, B C D, los senos de los ángulos están entre sí como los lados opuestos, expresando los senos por S se tendrá:

P: p:: S C B D ó S B C A: S B C D ó S A B C.
P: R:: S C B D ó S B C A: S B D C ó S B A C ó S D C A.
p: R:: S C B A ó S B C D: S B D C ó S B A C ó S D C A.

61 Si de un punto qualquiera E (Lam. I. fig. 5. 6. 7.) tomado sobre una direccion de las tres potencias P, p, R, que están en equilibrio, se tira una perpendicular sobre cada una de las otras dos direcciones, las otras dos potencias están entre sí recíprocamente como las perpendiculares E K, E H, tiradas sobre dichas.

Porque tomando C E por radio ó seno total, estas perpendiculares son senos de los ángulos, á los quales acabamos de ver que son proporcionales las potencias. Así tendremos:

P: R:: E H: E K (Lam. I. fig. 5.)
P: p:: E K: E H (Lam. I. fig. 6.)
p: R:: E H: E K (Lam. I. fig. 7.)

62 En virtud de esto tendremos P×E K=R×E H (Lam. I. fig. 5.); P×E H=p×E K (Lam. I. fig. 6.); p×E K=R×E H (Lam. I. fig. 7.).

Esto es, que á causa de la razon inversa, el producto de cada potencia por la perpendicular tirada sobre su direccion es constante. Este producto en el caso del equilibrio manifiesta el esfuerzo relativo de cada potencia.

Luego quando dos potencias están en equilibrio con otra tercera, el decir que dichas potencias están en razon inversa de las perpendiculares tiradas de un punto qualquiera E de esta tercera sobre sus direcciones, es lo propio que decir, que sus esfuerzos son iguales relativamente al punto E.

63 Las direcciones de tres fuerzas que deben formar el equilibrio, han de concurrir en un mismo punto C, supuesto que las tres

deben obrar de mancomun sobre este mismo punto. Sin embargo dichas direcciones pueden ser paralelas entre sí, porque en tal caso su punto de concurso se imagina á una distancia infinita.

64 Hasta aquí hemos exâminado las condiciones necesarias para el equilibrio considerando las fuerzas representadas por líneas. Si las contemplamos baxo otro aspecto, deduciremos diversas conseqüencias, que conviene tener presentes en la construccion y destino de las máquinas.

La experiencia nos enseña, que la fuerza que empleamos en mover un cuerpo crece primero, segun su mayor solidez ó masa. De suerte que una piedra mitad de otra, necesita mitad ménos de fuerza para correr con igual velocidad. En virtud de esta primera observacion tenemos, que las fuerzas están como las masas ó solideces de los cuerpos contra quienes se emplean.

Por otro lado la fuerza empleada en mover un cuerpo crece segun la mayor velocidad que le comunicamos. De suerte que si suponemos dos cuerpos iguales en masa, de los quales uno camine con dupla velocidad que otro, deduciremos inmediatamente, que la fuerza empleada en el movimiento del primero ha sido dupla de la empleada en el del segundo.

65 De estas dos constantes prácticas concluimos, que quanto mayor sea la masa de un cuerpo, y la velocidad con que camina, tanto mayor debe haber sido la fuerza que se empleó en moverlo: y representando las causas por los efectos que producen ó pueden producir, tendremos que el producto de la masa de un cuerpo multiplicada por su velocidad, representará una fuerza. Esto es, que si hacemos la masa $= M$, y la velocidad $= V$, la fuerza F será igual á $M V$, ó $F = M V$. Si suponemos otro cuerpo m, y su velocidad v, la fuerza f será $f = m v$, y para concluir la igualdad de ambas fuerzas, ó hacer $f = F$, será preciso que $M V = m v$.

Luego si la masa M vale 4, y su velocidad V, 1, y la m, 1, tendremos igualdad de fuerzas siempre que v valga 4; porque en tal caso $M V = m v$, ó $4 = 4$. Por consiguiente una masa m por pequeña que sea, está en estado de representar igual fuerza que otra grande M, siempre que la velocidad de la primera crezca respecto á la de esta última, en la misma razon que su masa disminuye. Así si suponemos una barra A B (Lam. I. fig. 8.) fixa en C, y á sus extremos le aplicamos unos pesos R y P, de los quales el primero sea triplo del segundo, la barra podrá quedar inmovil siempre que la velocidad que

anima á P, sea igualmente tripla de la que goza R; pues en tal caso se verificará igualdad de fuerzas, siendo $R\,V = P\,v$.

En virtud de esto, prescindiendo del roce, peso de la barra A B, y otras consideraciones físicas, parece que con el menor peso P podriamos mantener el equilibrio con otro excesivo R, con tal que v aumentase respecto á V, como R relativamente á P. Esto en efecto tiene lugar geométricamente, pero no es sin pérdida de algun otro requisito interesante como el tiempo.

66 Para evidenciar esto basta substituir en la anterior expresion de $M\,V$ el valor de V en otras cantidades equivalentes: estas son, el tiempo que representaremos por T, y el espacio que significaremos por E. En efecto es claro que si un cuerpo camina 20 pasos en un segundo, y otro 40 en el mismo tiempo, este último camina dos veces mas veloz; y que si durante el propio segundo caminase 60, sería tres veces mayor su velocidad. Luego se concluye, que quanto mayor sea el espacio que corre un cuerpo, y menor el tiempo que emplea, tanto mayor será su velocidad; ó lo que es lo mismo, que esta última estará en razon directa del espacio, é inversa del tiempo. Esto es, que será $V = \frac{E}{T}$. Por consiguiente, en vez de $M\,V = m\,v$, podemos substituir $\frac{M\,E}{T} = \frac{m\,e}{t}$. Pero si reflexîonamos en la Lam. I. fig. 8. veremos que el corto espacio B D, que describe subiendo el cuerpo R, debe describirse en el propio tiempo que el grande A E, y así $T = t$, y quedará $M\,E = m\,e$.

67 Por la propia razon que insinuamos, hablando de la velocidad en la equacion $M\,V = m\,v$, tendremos que e deberá ser tanto mayor respecto á E, quanto M lo es relativamente á m. Por consiguiente una corta masa m describiendo un grande espacio e, puede equilibrarse con otra mayor. Por otro lado, quanto mayor es el espacio ó camino que ha de hacer un cuerpo, tanto mayor es el tiempo que necesita para efectuarlo. Luego gastando mucho tiempo, una pequeña fuerza ó masa puede contrarrestar otra grande. Verificándose siempre, que quanto menor es la potencia empleada, tanto mayor ha de ser el tiempo.

De este convencimiento debemos concluir que el vencer grandes obstáculos con cortas fuerzas con el auxîlio de las máquinas, solo se consigue consumiendo tanto mas tiempo, quanto menor es la fuerza que se emplea.

68 En los ordinarios usos de las máquinas á bordo y en otras partes, no solo se lleva la mira de aumentar prodigiosamente las fuerzas y suplir á su defecto, sino de gastar en las execuciones determinados tiempos, y acaso los menores posibles.

Así sería una indiscrecion el servirnos de máquinas dispuestas de tal suerte, que aunque las menores fuerzas posibles fuesen capaces de vencer los mayores estorbos, necesitasen por otro lado inmenso tiempo para efectuarlo.

LIBRO PRIMERO.

DE LAS MÁQUINAS.

CAPÍTULO I.

De la Palanca.

69 Aunque la palanca baxo este determinado nombre no tenga un uso directo á bordo, sin embargo nos es indispensable el conocimiento de sus propiedades para reflexîonar con algun acierto en la mayor parte de las maniobras. La fuerza que las velas en viento exercen en un determinado punto de sus vergas y palos, y la resistencia que estos oponen por el esfuerzo intenso de sus fibras, nos los hacen considerar como verdaderas palancas, y la especie de estas nos convence acerca de la figura que importa darles para conciliar su menor peso con una conveniente resistencia.

Tambien el esfuerzo vertical con que el cable procura suspender el ancla con motivo de obrar al extremo de su caña, nos hace considerar esta última como una palanca, cuya longitud no debe ser muy grande, á fin de que no favorezca el dicho esfuerzo contrario á mantener el fondo.

La caña del timon en el uso que hacemos de ella resulta una perfecta palanca; y lo propio se verifica en las cabillas ó radios de su rueda, en las barras del cabrestante, y en un sin número de utensilios del uso de á bordo. Pero aun prescindiendo de todo esto, nos es preciso dar una idea de la mencionada máquina, para comprehender mas claramente quanto digamos en adelante de las demas; pues todas ellas pueden reducirse muy bien á la sola palanca como se echará de ver.

70 Por palanca nosotros entendemos aquí una berga inflexîble de qualquiera figura que sea, hecha firme en uno de sus puntos C (Lamin. I. y II. fig. 8. 9. 10. &c.), de tal suerte que no pueda tomar ningun otro movimiento, en virtud de las fuerzas que se le apliquen, excepto el de rotacion: esto es, un movimiento para girar al rededor de C: este punto C se llama punto de apoyo.

71 Geométricamente puede considerarse esta línea inflexîble de la palanca sin gravedad alguna. Esto no puede tener lugar en la práctica. En efecto la palanca se compone de una materia grave y flexîble hasta cierto punto. Por lo qual es menester, quando se considera la palanca físicamente, primero no perder de vista su peso, que influye mas ó ménos á favor de la potencia ó del obstáculo como en adelante veremos. Segundo su flexîbilidad, que puede causar alguna alteracion entre las distancias de la potencia y el obstáculo, relativamente al punto de apoyo.

72 En la palanca se consideran tres cosas; la potencia, la resistencia ó el obstáculo, y el punto de apoyo. Segun la diferente combinacion que tienen entre sí estas tres cosas, toma la palanca diversos nombres.

73 Llámase de primera especie, quando el punto de apoyo C se halla (Lam. I. fig. 8.) entre la potencia P, y la resistencia R.

74 Llámase de segunda, quando el punto de apoyo está en uno de los extremos, la potencia en el otro, y la resistencia entre los dichos como en la Lam. I. fig. 9.

75 Llámase en fin de tercera, quando el punto de apoyo está igualmente situado en uno de los extremos, y la potencia lo está entre este punto de apoyo y la resistencia.

76 Segun lo sentado en el art. 63. para que se verifique el equilibrio entre las tres fuerzas ó potencias que se consideran en la palanca, dichas tres fuerzas ó potencias deben concurrir en un mismo punto, y por consiguiente la direccion prolongada del punto de apoyo C (Lam. II. fig. 15.) concurrirá en D, que es el punto de concurso de las otras dos fuerzas R y P, que obran segun las dos direcciones obliquas A R, y B P. Quando las dos fuerzas que consideramos en la palanca obran paralelamente, como se verifica en las Lam. I. II. fig. 8. 9. 10. &c.; entónces su punto de concurso se considera á una distancia infinita, y la prolongacion del hipomoclion ó apoyo verificará su concurrencia con las otras dos fuerzas, á una distancia infinita de su orígen C (art. 63.).

77 Para conocer la relacion que hay entre dos qualesquiera po-

tencias de las tres que forman equilibrio, hemos dicho en el art. 61. que bastaba tirar dos perpendiculares sobre las direcciones de las potencias que se comparan, desde un mismo punto de la direccion de la tercera, y en tal caso las dos potencias están en razon recíproca de dichas perpendiculares. Aplicando lo mismo para el caso del equilibrio en la palanca A B (Lam. II. fig. 15.) tendremos, que la fuerza P será á la fuerza R, como C E á C F. Quando las dos potencias son perpendiculares á la longitud de las palancas como se verifica en la Lam. I. fig. 8. y 9., entónces los mismos brazos de palanca C B, y C A nos representan las perpendiculares tiradas desde el punto de apoyo C sobre las direcciones B R, A P; A R, B *a* de las otras dos fuerzas R, y P. En conseqüencia en la Lam. I. fig. 8. será P : R : : C B : C A; y en la Lam. I. fig. 9. P : R : : C A : C B: esto es, que las potencias R, y P estarán entre sí en razon recíproca de las longitudes C B, y C A de los brazos de la palanca en cuyos extremos obran. Por lo tanto si el peso R en la Lam. I. fig. 8. es tres veces mayor que P, será menester para que se verifique el equilibrio, que la longitud del brazo C A sea tripla de C B.

78 En virtud de que la fuerza P (Lam. II. fig. 15. art. 77.) es á la fuerza R, como C E á C F: esto es, P : R :: C E : C F: tendremos $P \times CF = R \times CE$: quiere decir, que para que se verifique el equilibrio en dicha palanca A B y en otra qualquiera, el producto de la una fuerza P multiplicada por C F, que es la distancia perpendicular de C á la línea de su direccion D B, debe ser igual al producto de la otra fuerza R multiplicada por C E, que mide la distancia perpendicular del mismo punto C á la direccion D A de esta última fuerza. Por lo tanto en toda palanca para que se verifique el equilibrio, la resistencia, y la distancia de su direccion al punto de apoyo deben formar los medios, y la potencia, y la distancia de su direccion al mismo punto los extremos de una proporcion geométrica.

79 Supongamos que la palanca A B (Lam. I. fig. 8.) siendo de la primera especie, tenga su punto de apoyo C tres veces mas inmediato á B que á A; en este caso se verificará el equilibrio si las masas suspendidas en sus extremos están en razon recíproca de sus distancias al punto de apoyo: esto es, si R es tres veces mayor que el peso P. Porque $R \times CB = 3 \times 1$, y $P \times CA = 1 \times 3$ serán iguales.

80 Igualmente tiene lugar esta teórica en las palancas de segunda y tercera especie. Supongamos en efecto que en la palanca B C (Lam. I. fig. 9.) la potencia ó peso P sea $= 1$, y la resistencia ú obs-

táculo R = 3. Para que en dicha palanca se verifique el equilibrio, bastará colocar el peso P en el extremo B, á una distancia C B tripla de la C A; en cuyo caso la palanca C B es de la segunda especie, y se verifica que P × C B = 1 × 3 es igual á R × C A = 3 × 1.

Lo propio se aplica á la palanca de tercera especie. Basta para esto que en la misma (Lam. I. fig. 9.) transportemos el peso P á A, y el obstáculo R al extremo B; en cuyo caso la palanca será de tercera especie segun la definicion del art. 75., y supuestas las distancias anteriores convendrá en este último caso, que P sea triplo de R para que se verifique el equilibrio.

81 Resulta de las tres diversas especies de palancas, y de la ley general que acabamos de establecer en quanto al equilibrio: 1.° que la palanca de primera especie (Lam. I. fig. 8.) puede favorecer indistintamente al obstáculo R ó á la potencia P. Porque suponiendo desiguales sus brazos A C, B C, somos dueños de colocar el obstáculo R, ó en el extremo del brazo mas corto C B, ó en el del mas largo C A. * 2.° Que la palanca de segunda especie (Lam. I. fig. 9.) todas las ventajas que procura son á favor de la potencia, puesto que en todos los casos imaginables la dicha está á una mayor distancia de C que el obstáculo R. ** Lo contrario se verifica en la palanca de tercera especie; pues como hemos visto en la misma Lam. I. fig. 9., trasladando P al punto A, y R al B, distará R mucho mas de C que no P.

82 Á vista de la anterior teórica parece, que con el auxîlio de una palanca de la primera ó segunda especie, una potencia por corta que sea podrá vencer un obstáculo qualquiera. Esta convencion dió lugar sin duda á aquel célebre dicho de Arquimedes, quien solo pedia una palanca, y un punto fixo, para mover cielos y tierra. Exâminaremos ahora como debe entenderse este problema, y de los límites á que se halla reducido en ciertas circunstancias concluiremos útiles aplicaciones en la práctica.

* Siempre que nos sirvamos de una palanca de primera especie como la de la Lam. I. fig. 8. conviene disminuir la distancia C B del apoyo C al punto B donde obra el obstáculo, ó bien aplicar nuestras fuerzas al extremo A lo mas léjos que se pueda de C, para conseguir toda la ventaja posible en el uso de esta máquina.

** De esta especie de palanca usamos á bordo quando apoyando el extremo C de un espeque (Lam. II. fig. 12.) en la cubierta, aplicamos nuestras fuerzas al otro extremo D, haciendo descansar sobre un punto intermedio B la cureña ó peso F, que intentamos suspender; en cuyo caso prescindiendo de la gravedad R del espeque, conviene para el aumento de nuestras fuerzas que la porcion de espeque comprehendida entre B, y C sea muy corta, y la otra B D muy larga.

83 Las palancas de la Lam. II. fig. 10. 11. 12., y qualesquiera otras, siendo unos cuerpos sólidos deben ser pesadas, y si las suponemos compuestas de una materia enteramente homogénea, y de igual espesor en toda su extension, estará el centro de gravedad ó el punto de reunion del peso de dichas en la mitad E de su longitud (art. 358.) Este peso R, en la Lam. II. fig. 10., por hallarse entre el punto de apoyo C, y la potencia Q aplicada en D, favorece á esta última; pues dicha gravedad R de la palanca contribuye á baxar la parte C D, y á elevar la C B. Por consiguiente en el caso de la Lamina II. fig. 10., quanto mas grande y pesada sea la palanca B D, tanto menor será la fuerza Q que forme equilibrio con el obstáculo P. Y en este sentido tendrá toda su extension teórica el dicho del célebre Filósofo de Siracusa.

84 Muy al contrario se verifica en la Lam. II. fig. 11.; pues la gravedad R de la palanca favorece al obstáculo P contra la potencia Q. Por consiguiente, si la palanca es infinita, resultará tambien infinita su resistencia ó gravedad R que debe vencer la potencia Q. Así siendo la palanca infinita, si disponemos dicha máquina como en la Lam. II. fig. 11., muy léjos de poder suspender con ella cielos y tierra, necesitaremos una fuerza infinita para equilibrar el peso del menor átomo posible.

85 De esta observacion podemos sacar aplicaciones útiles en la práctica; para lo qual llevaremos siempre la mira de disponer la direccion de la potencia como en la Lam. II. fig. 10., de suerte que el peso R de la palanca obre contra el obstáculo P, y no á su favor como se verifica en la Lam. II. fig. 11. y 12.

86 Si en lugar de suponer la palanca infinita en la Lam. II. fig. 11. y 12., la suponemos infinitesima, de suerte que toda su extension C D, en la Lam. II. fig. 11., se reduzca al punto de apoyo C, entónces como este punto lo suponemos fixo é inalterable se necesitará tambien una fuerza infinita para suspender en lo mas mínimo un obstáculo que gravite en C segun P. Luego tanto en el caso de ser la palanca infinita, como en el de ser infinitesima, se necesita una potencia infinita Q para vencer el obstáculo. Esta identidad en los casos extremos, nos arguye el que entre dichos debe haber una determinada extension la mas ventajosa para el obrar de la potencia. No verificándose aquella por defecto ó por exceso, la longitud de la palanca será contraria á quien intente servirse de ella.

78 Estas advertencias no tienen lugar siempre que el movimien-

to de la palanca sea horizontal, ó de derecha á izquierda como en la caña del timon, y barras del cabrestante &c.; porque en este caso la gravedad R se halla enteramente contrastada por el punto de apoyo, y la fuerza perpendicular que se aplica horizontalmente en los extremos de las barras para hacer girar el cabrestante, forma un ángulo recto con el peso R, y sabemos que dos fuerzas que obran á la vez contra un cuerpo formando un ángulo recto entre sus direcciones, en nada se perjudican.

88 La advertencia tiene entera fuerza en todo movimiento vertical, ó de abaxo para arriba; tal es el que damos al cigüeñal de una bomba; en la porcion de arco que le hacemos describir subiendo, la gravedad del cigüeñal contrasta nuestros esfuerzos, y al contrario los favorece quando desciende.

Lo propio se verifica en el uso de los espeques y pies de cabra para sayar ó ronzar la artillería. Si nos valemos del espeque suspendiéndolo, como en la Lam. II. fig. 12., de abaxo para arriba, la gravedad del espeque es contraria para el efecto, y al contrario es favorable siempre que usemos la rotacion de arriba para abaxo como en la Lam. II. fig. 10.

89 En virtud de que para el equilibrio vimos, que el peso ú obstáculo P multiplicado por su distancia al punto de apoyo, debe ser igual al producto de la fuerza Q multiplicada por su distancia al propio punto, siempre que se nos dé Q, P, y la longitud B D de la palanca (Lam. II. fig. 10.), hallaremos fácilmente (prescindiendo de su peso ó gravedad R) el punto C donde debe colocarse el apoyo para que se verifique el equilibrio entre las potencias mencionadas.

Sea para esto $BD = a$, $BC = x$ será $CD = a - x$, y deberemos tener (art. 77.) $Px = Q(a - x)$: esto es, $Px + Qx = Qa$: lo qual da x ó la distancia B C que se busca $= \frac{Qa}{P+Q}$.

Si hacemos $P = 20$ libras, $Q = 4$ libras, $a = 24$ pulgadas, tendremos $\frac{96}{24} = 4$ pulgadas: esto es, que el punto de apoyo debe colocarse á 4 pulgadas del extremo B de la palanca.

90 Si ahora con los mismos datos queremos hallar el punto de apoyo C introduciendo el peso R de la palanca, imaginaremos que el peso de dicha es una fuerza vertical R aplicada en su centro de gravedad E, en cuyo caso el producto de P por su distancia á C, debe ser igual á la suma de los productos de R, y Q multiplicados

por sus distancias respectivas al mismo punto de apoyo C que vamos á buscar. En virtud de lo qual deberemos tener $P \times BC = R \times CE + Q \times CD$.

Signifiquemos por a la longitud B D de la palanca, por x la distancia B C que se busca. Suponiendo que la palanca B D sea recta, y de igual espesor en toda su longitud, el punto E estará en la mitad de la palanca (art. 358.); B E será $= \frac{1}{2} a$, $EC = \frac{1}{2} a - x$, $CD = a - x$. Supongamos que p represente el peso de cada pulgada de la longitud de la palanca; a, y x cuentense igualmente en pulgadas; sentado esto, $p\,a$ manifestará el peso total R, y se tendrá $P\,x = p\,a\,(\frac{1}{2} a - x) + Q\,(a - x)$; efectuando la multiplicacion $P\,x = \frac{1}{2} p\,a^2 - p\,a\,x + Q\,a - Q\,x$, y transportando $P\,x + p\,a\,x + Q\,x = \frac{1}{2} p\,a^2 + Q\,a$: lo que da $x = \frac{\frac{1}{2} p\,a^2 + Q\,a}{P + p\,a + Q}$. Si ahora substituimos los valores de $a = 24$ pulgadas, $P = 20$ libras, $Q = 4$ libras, y $p = \frac{1}{12}$ de libra, tendremos $x = \frac{120}{26} = 4$ pulgadas $+ \frac{8}{13}$ de pulgada. Esta es la distancia B C donde debe colocarse el punto de apoyo C respecto al extremo B. Esta distancia es diversa de las 4 pulgadas que hallamos anteriormente habiendo despreciado el peso R de la palanca.

91 Procediendo del mismo modo se halla el punto D, por exemplo, donde conviene colocar la potencia Q, dado el punto B, el de apoyo C, y los valores de P, y Q en la Lam. II. fig. 10. y 11. De la equacion que nos da el valor de y, ó la distancia C D en la Lam. II. fig. 11., resulta el valor de $Q = \frac{P\,b + \frac{1}{2} p\,y\,y}{y}$; donde se verifica lo que anteriormente hemos advertido: esto es, que si y, ó la longitud de la palanca es infinita, $Q = \frac{\frac{1}{2} p\,\infty^2}{\infty}$, ó $Q = \frac{1}{2} p\,\infty$: quiere decir, que la fuerza ó potencia en el caso de ser la palanca infinita, debe ser tambien infinita. Si la longitud C D es $= 0$, esto es, si toda la palanca se reduce al punto C, y, ó su longitud será $= 0$; y tendremos $Q = \frac{P\,b}{0}$ cantidad infinita. Luego se verifica todo lo que anteriormente hemos prevenido (art. 86.)

92 El cálculo diferencial nos da medios para hallar los máxîmos y mínimos valores de las cantidades que los admiten; estos consisten en igualar á 0 la diferencial de la equacion que representa dichas cantidades. Usando de este método nos resulta y, ó la longitud que

debe tener la palanca C D en la Lam. II. fig. 11. $= \frac{\sqrt{2Pb}}{p}$. Substituyendo los valores de las cantidades conocidas $b =$ B C, P $=$ al obstáculo, y $p =$ á lo que pesa una pulgada de la palanca, tendremos la extension que conviene darle en el caso propuesto para que la potencia Q sea la menor posible. Por consiguiente quando con una palanca pesada se intenta vencer un peso F, (Lam. II. fig. 12.) se debe dar á la palanca una longitud determinada á fin de emplear la menor fuerza posible; toda otra longitud diversa de la dicha es perjudicial. De todo esto se colige la gran diferencia que hay entre considerar la palanca sin peso alguno, ó bien pesada como realmente lo es.

93 Por consiguiente sirviéndonos de un espeque por el estilo que indica la Lam. II. fig. 12., dicho espeque deberá tener una longitud C D determinada para producir el máxîmo efecto; y sería grave error el creer en semejante circunstancia, que quanto mas largo fuese, era tanto mas á propósito para la faena. La longitud del espeque y de otra palanca qualquiera debe determinarse por la expresion $\frac{\sqrt{2Pb}}{p}$, siempre que usemos de dicha máquina para un caso determinado como en la Lam. II. fig. 12. La letra p nos significa el peso de una pulgada de la materia particular de que se compone la palanca, y por consiguiente se ve que en igualdad de las otras circunstancias, deberá variar la longitud de un pie de cabra que es de hierro, respecto á un espeque que es de madera, siempre que sea igual el diámetro ó espesor de ambas barras.

94 Prévias estas advertencias respecto al uso de la palanca, pasemos á otras no ménos interesantes. Supongamos que en la palanca A B (Lam. II. fig. 13.) se distribuyen quatro pesos como P para formar el equilibrio con otro R. Sea el brazo C A donde se aplican los pesos P, P, &. quatro veces mas largo que el otro C B. El primer peso diste 1 de C, el segundo 2, el tercero 3, el quarto 4, y cada uno pese 10 libras. En virtud de todo lo dicho, el esfuerzo del primer peso será $=$ 10 libras, el del segundo $=$ 20, el del tercero $=$ 30, el del quarto $=$ 40; el esfuerzo de todos los pesos será $=$ 100; y por consiguiente dichos pesos distribuidos en la forma insinuada solo podrán contrastar un obstáculo ó resistencia R $=$ 100. Si en lugar de disponerlos como en la Lam. II. fig. 13., los hubiesemos reunido todos en el extremo A, su esfuerzo total hubiera sido el producto de 40 suma de todos ellos multiplicada por la distancia 4: esto es, $=$ 160.

Y por consiguiente los mismos pesos colocados de este último modo pueden equilibrarse con una resistencia R, 60 veces mayor que la de ántes.

95 Infiérese de esto, que si un hombre colocado en el extremo de una palanca puede contrarrestar un peso de 1000 libras que cuelga del otro extremo, 4 hombres de igual fuerza no podrán contrarrestar uno de 4000 libras si se distribuyen á diversas distancias del apoyo C en el brazo de la misma palanca como en la Lam. II. fig. 13.

Esto mismo se verifica en el servicio del cabrestante á bordo; quatro, ó cinco hombres distribuidos en diversos puntos de una barra, no pueden hacer un esfuerzo quadruplo, ó quintuplo del que exerceria uno solo colocado en el extremo.

96 Se deduce de lo que acabamos de decir, el modo de distribuir igual, ó desigualmente un peso qualquiera entre dos personas, ó puntos de apoyo que deban sostenerlo por medio de una palanca. Supongamos colocado el peso en medio de la longitud de la palanca apoyada en sus extremos; cada punto de apoyo sostendrá la mitad del peso, y su esfuerzo será por consiguiente igual. Si colocamos el peso tres veces mas cerca del un apoyo que del otro, el esfuerzo del primero habrá de ser triplo del de este último; si quatro, quadruplo; y así en adelante.

97 Esta misma teórica se aplica á las palancas curvas, ó cuyos brazos forman un ángulo como los de la Lam. II. fig. 14. Si C manifiesta el punto de apoyo, el peso P hará tanto mas esfuerzo contra la resistencia R, quanto mas diste del apoyo el punto del brazo C A donde se aplica. En conseqüencia de esta verdad se verifica, que haciendo uso de un martillo para arrancar un clavo, lo conseguimos con mayor facilidad segun lo mas largo de su mango.

98 Si imaginamos que C B representa el brazo y uña del áncla sujeta al fondo, y C A la caña, á cuyo extremo obra para hacerla rotar sobre C la fuerza vertical del cable, podremos aplicarle esta misma teórica como veremos en su lugar.

99 Hasta aquí hemos medido las distancias á que obran encontradamente la potencia y el obstáculo, por medio de los brazos mismos de la palanca. Esto tiene solo lugar quando siendo la palanca recta, el obstáculo y potencia obran perpendicularmente ambos contra la longitud de dicha, como en las Lam. I. y II. fig. 8. 9. y 13.; ó á lo ménos, quando aunque obren como en la Lam. II. fig. 10. y 11. sus direcciones B P, y D Q, son paralelas. Porque en

este último caso las perpendiculares C J, y C L, que miden sus verdaderas distancias al punto de apoyo, forman los triángulos rectángulos C J B, D C L semejantes á causa del ángulo opuesto al vértice C. Y por esta razon en lugar de las perpendiculares C J, y C L, podemos substituir los brazos mismos de la palanca C B, y C D.

100 Pero quando las direcciones del peso y la potencia, léjos de ser paralelas, tiran á encontrarse en el punto D, como en la Lam. II. fig. 15. entónces es indispensable el valernos de las perpendiculares C E, y C F, que son las únicas que miden las verdaderas distancias; y para que haya equilibrio importará el que sea P : R :: C E : C F : de suerte que se verifique siempre R × C E = P × C F.

101 Si queremos averiguar el diverso esfuerzo que hace la potencia P aplicada segun B P obliquamente á la palanca, del que haria si su direccion le fuese perpendicular en B, bastará describir de C como centro, con la distancia C F, el arco F *b*. Y el esfuerzo perpendicular será al obliquo, como C B : C *b*. De esto se infiere, que para que un obstáculo ó potencia obre con toda la ventaja posible por medio de una palanca, conviene que la direccion de sus esfuerzos sea perpendicular á la longitud de dicha máquina.

102 En virtud de esto se ve, que para que los hombres que hacen girar el cabrestante trabajasen con toda la ventaja posible, seria menester que dirigiesen sus esfuerzos segun una línea horizontal perpendicular á la longitud de las barras: esto no tiene lugar absolutamente, como veremos hablando del cabrestante, verificándose el que con motivo de apoyar los hombres sus pechos sobre las barras, dirigen una gran parte de sus esfuerzos de arriba para abaxo. Este inconveniente crece segun la mayor propension de los sugetos á esta aptitud, y su mayor estatura; y la primera causa puede disminuirse advirtiéndoles, que empleen sus fuerzas en la posicion mas vertical y recta que les sea dable.

103 Quando una palanca está firme en uno de sus puntos qualesquiera sin poder girar sobre él, este punto se debe considerar como el hipomoclion ó punto de apoyo sobre el qual procura girar la palanca. En la suposicion de que la dicha no gire, á pesar de los esfuerzos que se le aplican en varios puntos de su longitud, será señal de que exîste en la palanca algun obstáculo ó fuerza resistente, la qual forma equilibrio con la potencia ó esfuerzos que le aplicamos. Este obstáculo ó fuerza resistente exîste en la misma masa de la palanca, ó en sus fibras, ó puntos que actuan en direccion contraria

en virtud de sus fuerzas de atraccion, cohesion, ó qualesquiera que sean, como la experiencia las manifiesta.

104 De esta suerte si una potencia obra sobre un punto de la palanca C A (Lam. II. fig. 16.) fixa sobre la base K E D G, de conformidad que procure hacerla girar sobre el exe G E, todas las fibras ó puntos de la misma base resistirán, y el momento ó esfuerzo relativo de cada una de las fibras será la fuerza efectiva que cada una exerza, multiplicada por su distancia perpendicular al exe. Si llamamos pues f esta fuerza efectiva y a, b, c, d &c. las varias distancias perpendiculares de las fibras al exe G E, será el esfuerzo relativo con que las fibras resisten al movimiento de la palanca $= f(a+b+c+$&c.); y si suponemos que la potencia que intenta doblar la palanca es $= p$, y obra á una distancia $= x$ del exe E G, resultará $p\ x$ por la expresion del momento ó esfuerzo relativo de la potencia p que intenta hacer girar la palanca; y como esta subsiste inmovil, es preciso que $f(a+b+c+$&c.) sea igual ó mayor que $p\ x$. Si transferimos la potencia p á otro punto de la palanca, el qual tenga una distancia n del exe E G, mayor que la anterior x, en este caso el esfuerzo $p\ n$ será mayor que $p\ x$, y para que la palanca no gire, importará tal vez aumentar la resistencia $f(a+b+c+$&c.). Esto se puede conseguir, ó aumentando el esfuerzo f de cada fibra en particular variando la materia de la palanca, ó haciéndola de mayor espesor aumentando el número a, b, c, &c. de sus fibras.

105 En virtud de esto, para que una palanca oponga igual resistencia en los varios puntos de su longitud, contra una potencia que intenta doblarla, es menester que aumente su espesor ó diámetro, á proporcion que los tales puntos van alejándose de aquel punto de la palanca donde obra la potencia.

106 Un palo ó mastelero fixo en el un extremo, nos representa la palanca fixa de que hablamos. La vela hizada hasta un determinado punto, exerce en él un esfuerzo que procura doblár el mastelero; este último resiste en virtud del esfuerzo y número de sus fibras. Pero así como la potencia aumenta sus momentos, á medida de su mayor distancia á los puntos ó secciones circulares del mastelero que deben resistirlos, deberemos aumentar el diámetro de estas secciones que mas disten de la reunion de las velas, para constituir los palos y masteleros proporcionalmente resistentes en toda su longitud.

La coz, por exemplo, de un mastelero, que en el caso de estar la vela del todo hizada, es el punto mas distante de aquel en que la

vela efectua sus esfuerzos, deberá ser el mas reforzado, y así á proporcion. Lo dicho hasta aquí basta para darnos idea de la aplicacion que podemos hacer de la teórica de la palanca, para determinar la figura de los palos, masteleros y vergas como haremos mas adelante.

CAPÍTULO II.

De la garrucha, ó moton.

107 Garrucha ó moton es una pequeña rueda que gira sobre un exe, obligada de una línea flexîble que se le aplica.

En una pieza B D de madera ú otro qualquiera material sólido, que es lo que efectivamente se llama moton, se abre una hendedura L J (Lam. II. fig. 17.) nombrada caxera, y en ella se aplica la rueda J G L, llamada roldana, que gira sobre el exe C apoyado en la pieza ó moton B D. Este se hace firme en B, y una potencia aplicada en H á la línea flexîble H L J A que pasa sobre la rueda, actua en la direccion de la misma línea L H, cuya fuerza se comunica á J A, y vence otra potencia aplicada en A, y que se dirige segun J A.

108 El moton ó bien es fixo ó movible; fixo se llama quando su caxera, como en la Lam. II. fig. 17. y 18., está hecha firme en un punto B. Movible, quando su caxera engancha inmediatamente un peso que se intenta suspender, como en la Lam. II. fig. 19. En el moton deben ser iguales las potencias P y *p* en el caso del equilibrio. En efecto la potencia resistente D C, por lo dicho (art. 58.) debe igualar á las dos P y *p*; por lo insinuado en el art. 61. sabemos que las potencias P y *p* son como las perpendiculares D K, D H, tiradas de la direccion de la tercera sobre cada una de las dichas: las tales perpendiculares resultan radios de un mismo círculo que es la roldana, y por consiguiente las potencias P y *p* son iguales.

109 Luego para que se verifique el equilibrio entre un peso P y una potencia *p* (Lam. II. fig. 18.) que obran por medio de un moton, importa que la potencia iguale al peso, y para que la primera venza á este último, es indispensable que le exceda. Á vista de esta propiedad que conviene al moton fixo, parece que nada se logra con su uso; pues en el ordinario exercicio de nuestras fuerzas materiales verificamos el suspender un peso qualquiera, siempre que hacemos un esfuerzo superior á su gravedad. No obstante esto por medio del moton fixo cambiamos de abaxo para arriba, ó en otras direcciones nuestros esfuerzos, y así en vez de nuestras fuerzas, podemos emplear

unos pesos qualesquiera para elevar otros. En adelante veremos la utilidad del moton ó roldana fixa, en quanto disminuye el roce, uno de los estorbos de toda máquina.

Pero entretanto importa tener presente la proposicion que acabamos de sentar, á fin de que nos conste que el moton fixo llamado generalmente retorno, en el uso que se hace de él á bordo no contribuye al aumento de nuestras fuerzas sino en quanto disminuye la friccion.

110 Quando el moton es movible, como en la Lam. II. fig. 19., uno de los extremos de la cuerda se sujeta en el punto fixo P. De donde se infiere que la potencia *p* solo debe sostener ya una parte del peso ú obstáculo C. Para saber como deberán estar entre sí la potencia *p* y el peso C, para que se verifique el equilibrio, tiraremos como ántes de la tercera P C las perpendiculares H F, H G, sobre las direcciones de estas otras dos cuya relacion se busca. Y será p : C : : H G : H F. Pero los triángulos rectángulos K D G, H K F, son semejantes á causa de las líneas D K, H F, las quales por ser perpendiculares á K C, son paralelas; de donde resulta que el ángulo D K G = K H F; ademas H G = K G: luego será K G ó H G : H F : : K D : H K. Por consiguiente tenemos en el moton movible, que la potencia es al peso, como el radio de la roldana es á la subtensa, ó cuerda del arco que abraza la línea flexible que se le aplica.

111 Si las direcciones de los cordones *p* K, H P son paralelas, la potencia es al peso como 1 á 2; porque entónces la subtensa K H se confunde con el diámetro de la roldana. Esto es, que en el caso sentado, una potencia como 1 puede equilibrarse con un peso ú obstáculo = 2.

112 Vista la diferencia entre el moton fixo y el movible, podemos inferir la gran diversidad que en esta sola parte habrá en el cazar unas velas como las de gavia, en las quales el escotin se afirma sencillamente en su puño, y las mayores cuyas escotas pasan cercando el moton cosido en el dicho, por el mismo estilo que en la Lam. III. fig. 20. En la dicha, P ó el puño de la vela equivale al peso C de la Lam. II. fig. 19., y se mueve al paso que adelanta el moton D, resultando de aquí que la potencia aplicada en Q para cazar la vela, se halla ayudada de la resistencia que obra en F. Esto mismo se tiene presente en la formacion de los aparejos para suspender pesos, quales son la lancha y bote &c., cuidando que el cancamo del último moton que los forma enganche inmediatamente en los pesos que se han de suspender.

113 Con el fin de establecer con utilidad la diferencia entre los efectos de los motones fixos y movibles, recorreremos brevemente el laboreo de algunos cabos de la maniobra corriente.

Los cabos que forman las brazas de la verga de trinquete se disponen en los términos siguientes. Uno de los chicotes ó extremos de dicho cabo se afirma en el estay mayor, y el otro pasa por los motones de los brazalotes, ó que se afirman cerca de los penoles de la verga de trinquete, despues sigue por otro moton dispuesto en el mismo estay mayor, próxîmo al parage en donde quedó afirmado el primer chicote, y viene á fenecer en los motones de retorno que están en el castillo, en el puerto, y en la mar en el combes.

En el uso de estas brazas, el penol de la verga que debe inclinarse á babor ó estribor, resulta el peso de la Lam. II. fig. 19.: el moton pendiente de los brazalotes, ó hecho firme en los penoles de dicha verga, resulta el moton movible de la misma figura, y los retornos cosidos en el estay y afirmados en el combes, son unos motones fixos, que solo sirven para dar direccion á las brazas. De todo esto se deduce, que en el braceo de las vergas de trinquete hacemos uso del moton movible, y si la direccion de la parte de la braza comprehendida desde el punto del estay donde se afirmó el primer chicote hasta el moton del penol de la verga fuese paralela á la direccion que toma la parte restante de la braza por donde se hala, tendriamos como en el art. 111., que por el làboreo de dicho cabo, duplicariamos nuestros esfuerzos en la faena de bracear la verga de trinquete.

Lo mismo que observamos en el braceo de la verga de trinquete, debemos suponer en el de la de velacho, gabia, mayor, y todas quantas tengan dispuestas sus brazas dobles.

114 Muy al contrario se verifica en el caso de ser dichas brazas sencillas. Supongamos que las de la verga de juanete de proa se dispongan en los términos siguientes. Uno de los chicotes del cabo que las forma, se afirma inmediatamente en el cazonete del mismo penol de la verga, y el otro pasa por los motones que están junto á la gaza del estay de gabia, y los que están en dicho estay inmediatos á la cofa de trinquete, y despues fenece al pie de la campana.

Quando se bracea dicha verga, la fuerza se comunica á lo largo de la braza, y la resistencia de la verga obra del mismo modo que un cubo ú otro cuerpo qualquiera, que pende de un cabo sencillo que abraza un moton fixo. En semejante circunstancia vimos en el art. 109. que la fuerza debia ser igual al peso. Por consiguiente en el indicado

laboreo de la verga de juanete, no conseguimos ventaja alguna en el uso de nuestras fuerzas.

Lo mismo debe entenderse en todos los cabos de labor que laborean sencillamente.

115 Para extender nuestras reflexîones, las aplicaremos á las escotas y escotines. Las escotas de trinquete se forman afirmando el un chicote en los cancamos de los costados del portalon, y pasando el otro por los motones de los puños del pujamen de dicha vela, y los motones ó galápagos que hay á la entrada del alcazar en el portalon, vá á fenecer en las maniguetas del pasamano, cabezas de los barraganetes ó cornamusas que hay para dichas escotas en el castillo.

Para cazar el trinquete ha de venir para popa el puño de dicha vela, y en este caso el moton del puño del pujamen por donde pasa la escota, debe considerarse como un moton movible (Lam. II. y III. fig. 19. y 20.), por cuyo medio intentamos vencer un obstáculo. Por consiguiente, supuesto el paralelismo de las dos porciones de escota, que circundan el moton del puño de dicha vela, tendriamos tambien que por el laboreo del tal cabo, duplicariamos nuestras fuerzas en la maniobra de cazar la vela de trinquete.

Lo propio debe aplicarse al cazar la mayor, y todas las demas velas de escotas dobles.

116 Pero nada de esto se verifica en las velas de gabia. Los escotines de estas se forman afirmando inmediatamente uno de sus extremos en los puños del pujamen de dicha vela, y pasando el otro por la caxera de proa de los quadernales que están en los penoles de la verga mayor, y los motones que están en la cruz de esta última verga, fenece en los abitones que están en el combes por la cara de proa del palo mayor. Se vé por el laboreo de los escotines sencillos que pasan por unos meros retornos útiles para darles direccion, que las fuerzas aplicadas para cazar las gabias no reciben ventaja por la disposicion de los tales cabos. Esta reflexîon es general á todos los cabos de igual laboreo.

117 Como veremos en el art. 123., quanto mayor es el aumento que deparamos á nuestras fuerzas con el auxîlio de uno ó mas motones movibles, tanto mas tiempo necesitamos para conseguir los efectos de nuestro intento con iguales agentes. En conseqüencia de esto, si en el cazar la vela mayor y la de trinquete, y en bracear y amantillar sus vergas y las de gabia, duplicamos nuestras fuerzas, debemos contar con que necesitamos tambien doble tiempo del que emplea-

riamos en efectuar iguales movimientos en otras velas y vergas, cuyos escotines, brazas y amantillos fuesen sencillos. Á este consumo de tiempo se debe atribuir la práctica de renunciar el uso de los motones movibles en algunas brazas de juanetes y otros cabos para cuyo movimiento nos sobran medios en el uso de nuestras fuerzas naturales.

118 Tambien obsta para el laboreo de cabos dobles la necesidad de que los dichos vayan claros, y no impidan el exercicio de otros. Ademas, el ángulo que deben formar las direcciones de un cabo doble tiene límites, pasados los quales es perjudicial su uso, para el aumento de nuestras fuerzas, como veremos en el artículo siguiente.

119 En la aplicacion que acabamos de hacer del moton movible para cazar las velas, se dexa ver que quando obren paralelamente los dos cordones P F, y P Q, (Lam. III. fig. 20.), una potencia $=1$ produce un efecto $=2$. Esta ventaja de la potencia aplicada en Q, disminuye á medida que se destruye el paralelismo de los cordones, y crece el ángulo F P Q (Lam. III. fig. 20.) que forman entre sí. De suerte que hay una abertura de ángulo determinada, en la qual una potencia $=1$, solo produce un efecto $=1$; y pasado este ángulo resulta ya menor de 1. La estrechez de sitio, y otras varias circunstancias no permiten á bordo muchas veces el colocar la potencia en términos que la direccion del cordon ó cabo P Q, en donde se aplica, resulte paralela á la del otro afirmado en F. Para que en semejantes ocasiones, obrando sin distincion, no se esté en la inteligencia de haber aumentado nuestros esfuerzos quando tal vez se han disminuido, importa que determinemos el valor del ángulo B A N, (Lam. III. fig. 21.) en el qual la potencia cesa de recibir el menor aumento de fuerza en la disposicion dada al moton movible. Dicho ángulo es el de $120°$ como vamos á ver.

Para esto supongamos que el ángulo B A N que forman las direcciones de ambos cabos valga $120°$, y que la potencia M aplicada en N, produzca en uno y otro cabo las fuerzas R N, R N, cada una de 100 libras, de suerte que la potencia M sea de 100 libras.

En tal caso descomponiendo la fuerza R N en el cordon A M, en R S, y R Q, la primera paralela al movimiento que debe tener el puño de la vela para llegar á besar al ojo de la mura, y la segunda perpendicular al dicho, tendremos que de todas las 100 libras de fuerza representadas por R N en el un cordon, solo contribuye para cazar la vela la parte R S, lo mismo se prueba en el otro; y así de

las 100 libras aplicadas en M, solo tienen lugar para el efecto las que representan las dos partes R S, y R S de ambos cordones; y las otras dos R Q, y R Q, como á iguales, se destruyen en sus encontradas direcciones de derecha á izquierda, ó al contrario.

En qualquiera de los triángulos R N S formados por la diagonal R N de sus correspondientes paralelogramos, el ángulo en S es recto $= 90°$, el S R N $= 60°$, y por consiguiente para completar los dos rectos, el tercer ángulo R N S debe ser $= 30$. En conseqüencia diremos en cada cordon N R, ó 100 libras : R S :: 1 : sen. $30°$; pero sabemos que 1, ó el radio es duplo del seno de $30°$, luego 100 libras: R S :: $1 : \frac{1}{2}$, ó :: 2 : 1 : y sacando el valor de R S $= \frac{100 \text{ lb}}{2} = 50$ libras. Quiere decir, que en cada cordon obra la fuerza aplicada en M con una parte de 50 libras para cazar la vela; y reuniendo las dos, se ve que resulta la fuerza total propia para el fin propuesto de 100 libras.

Si el ángulo B A N fuere mayor de $120°$, las fuerzas R S, R S, resultarán cada una menores de 50 libras, y la total menor de 100, de donde se dexa ver que abriendo el ángulo de los dos cordones arriba de los $120°$, el uso del moton movible, que duplica los efectos de la potencia siendo los cordones paralelos, perjudica á la dicha, y debe renunciarse quando se lleve el fin del aumento de nuestras fuerzas.

CAPÍTULO III.

De los aparejos.

120 Aparejo es una máquina compuesta de varios motones. Por un moton fixo en B y otro movible D (Lam. III. fig. 22.) pasa una línea H F E D G C fixa en C al moton B. Una potencia Q actua en H segun la direccion F H, y tira otra potencia aplicada en A, que resiste al movimiento del moton D G sobre quien obra en la misma direccion. Por dos motones fixos en B, unidos uno á otro por sus planos (Lam. III. fig. 23.) ó por sus extremos, y otro movible D G, pasa una línea H F E D G J K C fixa en C al moton D G. Una potencia Q actua en H segun la direccion F H, y tira otra potencia aplicada en A, que resiste al movimiento del moton D G sobre quien obra en la misma direccion. De un modo semejante se dispone un mayor número de motones fixos y movibles, como se echa de ver en la Lam. III. figuras 24. 25. 26. 27. 28.

121 En el uso de los aparejos tendremos, que la fuerza que se

emplea para vencer un obstáculo, es á dicho obstáculo, como el radio ó seno de 90°, á la suma de los senos de todos los ángulos que forman los cordones que se terminan en los motones movibles con una línea horizontal.

Supongamos para esto que en la Lam. III. fig. 24. $i\,m$ represente la fuerza absoluta de un cordon; si esta la descomponemos en la vertical $i\,l$, y la horizontal $l\,m$, tendremos que el obstáculo P se sostendrá en virtud de ambas fuerzas; pero la horizontal $m\,l$, como á perpendicular á la gravitacion del peso, en nada contribuye para sostenerlo, y así este efecto nos lo consigue la sola fuerza vertical $i\,l$: lo propio se verifica en el segundo cordon $n\,p$, y en todos los demas. En los triángulos $i\,m\,l$, $n\,p\,q$ &c. tenemos $i\,m : i\,l :: 1 :$ sen. $l\,m\,i$; $n\,p : n\,q :: 1 :$ sen. $q\,p\,n$ &c., y sacando los valores de $i\,l$, y $n\,q$, $i\,l = i\,m \times$ sen. $l\,m\,i : n\,q = n\,p \times$ sen. $q\,p\,n$. Del propio modo sacariamos el valor de los esfuerzos verticales de los otros cordones; todos ellos reunidos representan el efecto de la potencia Q: luego todo Q: todo P :: $i\,m : i\,m \times$ sen. $l\,m\,i + i\,m \times$ sen. $q\,p\,n$ &c, ó bien Q : P :: 1 : sen. $l\,m\,i +$ sen. $q\,p\,n +$ sen. &c. Esto es, que la potencia es al peso, :: 1 : la suma de los senos de los ángulos que forman los cordones con la horizontal.

122 Si los cordones están paralelos y verticales como en la Lam. III. fig. 25. 26. y 28., los ángulos $l\,m\,i$ &c. de dichos con la horizontal serán rectos, y sus senos iguales al radio $= 1$; luego en los casos de las tales figuras, la potencia será al peso, como la unidad al número de cordones que se terminan en los motones movibles; y como cada moton tiene dos cordones, será como la unidad al duplicado número de motones movibles. Si el extremo de la cuerda se terminase como en la Lam. III. fig. 22. 25. &c. en los motones fixos, ó en otro punto estable, tendriamos la mencionada relacion entre el peso y la potencia del modo dicho. Pero si el extremo de la cuerda se termina en los motones movibles como en la Lam. III. fig. 23. 24. 26. &c. tendremos que la potencia será al peso, como la unidad al duplicado número de motones movibles mas 1. De suerte que si los motones movibles son tres, y la cuerda se termina en los mismos, una potencia $= 1$ hace un esfuerzo $= 7$. En lugar de que si la cuerda se hubiese terminado en los motones fixos del mismo aparejo, la potencia $= 1$ solo hubiera hecho un esfuerzo $= 6$.

Debemos tener presente la diferencia que resulta de colocar el extremo del cabo ó cuerda, ya en los motones fixos, ya en los mo-

vibles, para servirnos de los aparejos con toda la ventaja posible relativamente al aumento de fuerzas.

123 Habiendo visto las ventajas que procuran los aparejos en quanto al aumento de fuerzas, pasemos á considerar lo que se pierde de tiempo en el uso de dichos. Es evidente que si en las Lam. II. y III. fig. 19. 22. 23. 24. 25. &c. el moton movible ha subido un pie, cada uno de los dos cordones que abrazan la roldana de dicho moton en la Lam. II. fig. 19., ó cada uno de los tres que se terminan en dicho en la Lam. III. fig. 26., se habrá acortado un pie, lo propio habrá sucedido á los dos cordones que abrazan el segundo, y á los dos del tercero. Luego para que el total del aparejo movible ó del peso haya subido un pie, se deben haber acortado tantos pies de cuerda, como número de cordones haya que se terminen en dicho aparejo movible, ó tantos pies de cuerda, como el duplicado número de motones movibles, si la cuerda está hecha firme en los fixos como en la Lam. III. fig. 25.; ó el duplicado número de motones movibles mas 1, si la cuerda se termina en los movibles como en la Lam. III. fig. 26. En esta última figura en que los motones movibles son dos, y el extremo de la cuerda se termina en los dichos, para que el peso P adelante un pie, importa que la potencia aplicada en Q cobre 5 pies de cuerda; y en la Lam. III. fig. 25. donde los motones son tres, y la cuerda se termina en los fixos, es menester que la potencia Q cobre 6 pies de cuerda, para que adelante 1 el peso P. Nada de esto se verifica en el moton fixo (Lam. II. fig. 18.); pues siendo P el peso, y p la potencia, si la dicha cobra 6 pies de cuerda, los mismos 6 pies adelanta el peso P. Por consiguiente vemos que lo que en el uso de los aparejos ganamos respecto á la fuerza, lo perdemos respecto al tiempo que se emplea para lograr el fin. Así es verdad que con el aparejo de la Lam. III. fig. 25., un hombre hace la misma fuerza que 6 en la Lam. II. fig. 18.; pero tambien un solo hombre que trabaja en dicho aparejo, necesita 6 veces mas tiempo para elevar el peso P, que otros que trabajen en el moton fixo.

124 Del número de motones ó roldanas movibles de que conste el aparejo de gata, ú otro qualquiera de los que se usan ó pueden usarse á bordo, podemos concluir el menor número de gente que se necesitará para elevar el áncla ú otro peso, y asimismo, el mayor tiempo necesario para efectuar la faena.

125 Quando importa subir un peso, ó hacer un esfuerzo superior á las fuerzas naturales que se pueden poner en obra, entónces es in-

dispensable servirnos de los aparejos, en perjuicio de la brevedad de una faena, que de otro modo nos sería impracticable. Pero quando las fuerzas naturales de los agentes que se emplean, superan de mucho los obstáculos que se intentan vencer, si importa la breve execucion, es menester renunciar al escaseo de gente usando de los medios que multiplican nuestras fuerzas. La discrecion consiste, en modificar su uso segun las circunstancias; y así sería ridículo el que para izar la verga de juanete, empleásemos un aparejo igualmente complicado que para meter y sacar la lancha. Es verdad, que un niño bastará entónces para izar dicha verga; pero separado del natural estorbo que esto ocasionaria en el laboreo de otros cabos, tenemos que si aprovechándonos de la sola ventaja de la multiplicacion de fuerzas, empleásemos únicamente al tal niño, se tardaria un tiempo extraordinario en dicha maniobra.

126 Si en lugar de disponer los aparejos como hasta aquí, haciendo que una misma cuerda abrace todos los motones, los disponemos como en la Lam. III. fig. 27, en donde uno de los cordones de cada moton se termina en un punto fixo, y el otro en el moton inmediato, entónces el segundo cordon de A terminado en *b*, sostiene solo la mitad del peso R; el segundo cordon de B terminado en *d*, la quarta parte; y el segundo cordon de C terminado en D, la octava parte. De suerte, que para expresar la razon del peso á la potencia en esta clase de aparejos, basta elevar el número 2, á una potestad igual al número de motones movibles; como en este caso son tres, elevando 2 al cubo, da 8: esto es, que una potencia = 1, puede sostener un peso 8 veces mayor.

Se ve que esta clase de aparejos aumenta con mayor razon los efectos de nuestras fuerzas; pero tambien es proporcional á este aumento, el tiempo que se consume.

127 Muchas veces suelen disponerse á bordo los aparejos en la forma que expresa la Lam. III. fig. 28.; para valuar en semejante caso la fuerza que hace una potencia M que se les aplica, conviene tener presente, que si dicha potencia la aplicásemos inmediatamente en D haciendo uso del solo aparejo B A, tendriamos que siendo dos las roldanas ó motones movibles, y por consiguiente quatro el número de cordones que los abrazan, la potencia M aplicada en D, haria un esfuerzo quadruplo respecto al peso P. Pero nuevamente en virtud del segundo aparejo D C, compuesto de dos motones movibles, y cuyo cabo que los envuelve se termina en los mismos, resulta que la

potencia M actúa con una fuerza cinco veces mayor que quando estaba aplicada en D, y siendo en este punto como quatro, lo será como veinte con el agregado del nuevo aparejo: esto es, igual al producto de 4 por 5.

128 La disposicion que acabamos de dar á los dos aparejos en la Lam. III. fig. 28, nos conduce á reflexionar acerca de la distinta resistencia que deben sufrir sus respectivos puntos de apoyo, y las cuerdas de cada uno. En virtud del artículo anterior, si P pesa 2000 libras, basta para el equilibrio, que la potencia M equivalga á 100. Como el punto de apoyo Q del aparejo D C, corresponde á un aparejo de dos roldanas ó quatro cordones, sostendrá un esfuerzo de 400 libras. El cabo ó cuerda B D que corresponde á cinco cordones, uno de 500, y el punto de apoyo O que sostiene el peso P de 2000 libras, y la fuerza que actúa á lo largo de B D que es de 500, sostendrá el peso de 2500 libras. Esta diferencia de esfuerzos nos obliga á variar el tamaño ó mena de las cuerdas; la cuerda del aparejo A B debe ser, en igual calidad, de mayor diámetro que la correspondiente al otro aparejo D C.

129 Un caso propio para aplicar las reflexîones que acabamos de hacer, se nos presenta comunmente á bordo, en la faena de tesar las xarcias por medio de dos aparejos. Pero aquí conviene advertir, que como el acollador á cuyo extremo se aplica uno de los dos aparejos que se emplean para tesar el obenque, laborea por los agujeros de las dos vigotas fixa y movible, dicho acollador hace ya de por sí las veces de un tercer aparejo, y para computar el efecto de nuestras fuerzas en la faena de tesar las xarcias, debemos considerar que son tres los aparejos de que hacemos uso. Sin embargo como los acolladores pasan simplemente por los agujeros de las vigotas donde no hay las acostumbradas roldanas que disminuyen el roce en los demas aparejos, se sigue que el aumento de fuerzas de este tercer aparejo que consideramos, no puede seguir la proporcion del aumento que conseguimos con los otros dos.

CAPÍTULO IV.

Del roce ó friccion.

130 Por roce ó friccion se entiende aquella dificultad que encuentran en resbalar ó deslizarse los cuerpos que insisten sobre otros. En las superficies mas tersas se notan con el auxîlio de los microscopios,

una multitud de hoyos y eminencias que llamamos escabrosidades. Quando un cuerpo gravita sobre otro, las elevaciones del primero, por exemplo, endentan en las porosidades del último, y para que se efectue el movimiento, importa que queden vencidos todos estos pequeños estorbos.

131 La calidad de los cuerpos debe influir sobre manera en la diversa clase de roce, aun quando los supongamos en igual grado de pulimento. En efecto se echa de ver, que de un modo cederán las escabrosidades de los cuerpos duros y elásticos, de otro las de los blandos, &c.

132 Á mas del estorbo que oponen para el movimiento las desigualdades de los cuerpos, debemos advertir otro procedido de su mayor ó menor dureza. Si el cuerpo que insiste es en extremo pesado y duro, y el sustentante por el contrario muy blando, como cera, sebo &c., el primero penetra en este último, y forma en él la cavidad H F B J (Lam. IV. fig. 29.). En la parte en que se efectua el movimiento, la elevacion ú obstáculo H F, se opone á que tenga lugar.

Quando el cuerpo sustentante es extraordinariamente duro, resiste á la penetracion del superior, y el obstáculo H F resulta despreciable. Entónces las dificultades para moverse nacen principalmente del número y clase de sus escabrosidades. Todo al contrario sucederá en los cuerpos sumamente blandos.

133 En las superficies nada pulidas, como el suelo sobre que caminamos, los efectos del roce son excesivos. Á ellos se debe atribuir la dificultad que se encontraria en mover un carruage, el mejor dispuesto que fuese posible, quando si no existiese el frotamiento, una hormiga bastaria para darle movimiento. La idea del carruage nos presenta dos especies de friccion. La primera, es la que nace de un cuerpo que sobre un mismo punto ó superficie resbala sobre otro. La segunda, es la de aquellos cuerpos que se mueven sobre otros, presentando al plano sustentante puntos diversos, como una rueda que camina girando sobre su exe. La experiencia acredita, que esta segunda especie de roce, es en extremo menor que la primera, y así en las baxadas de los caminos, acostumbran los carreteros atar una rueda, y obligándola á rozar sobre un mismo punto, disminuyen lo veloz del movimiento.

134 En virtud de este reparo, se presenta naturalmente un modo bastante general, para disminuir los efectos de la friccion en muchas circunstancias. Si en el parage fixo por donde debe pasar una

cuerda, colocamos una roldana ó moton fixo, el dicho girará por medio de nuestros esfuerzos, y cambiaremos la primera especie de roce que hubiera sufrido la cuerda, en la segunda especie, la qual acabamos de ver que lo disminuye. Esta es una de las ventajas que diximos nos procuraba el moton fixo, y atendiendo á ella se coloca, por exemplo, en el portalon en el sitio por donde debe pasar la escota de trinquete, y en los costados del alcazar por donde pasa la de la vela mayor &c.

Los molinetes ó cilindros que giran sobre los exes interiores que los atraviesan en el sentido de su longitud, son una substitucion de las roldanas fixas de que hablamos; por consiguiente se colocan en el escoben, para disminuir la friccion del cable, y en las bocas de escotilla, como veremos (art. 175. 176. 177.) hablando del cabrestante, y su aplicacion á la faena de suspender las ánclas.

135 Para disminuir el roce sirviéndonos de los molinetes ó roldanas, importa sentar el principio, de que para su mejor efecto, conviene que los exes sobre los quales giran las roldanas sean del menor diámetro posible, y las roldanas por el contrario del mayor que permitan las circunstancias. Los principios del roce que hemos establecido hasta aquí, bastan para convencernos de esta verdad. Supongamos dos roldanas de igual diámetro, que giran la una sobre un exe muy pequeño, y la otra sobre otro de mucho espesor ó perimetro. Si en el exe mayor, y en el agujero de su correspondiente roldana, tomamos un arco ó porcion de periferia del mismo número de grados que otro del exe menor, tendremos que el arco de este último será mucho mas curvo, y de ménos extension que el primero, el qual como correspondiente á un círculo mayor, se aproxîma mas á formar una línea recta ó superficie plana. De donde se infiere, que el total del exe de mayor diámetro ofrece muchos mas puntos para el roce, que sirven de obstáculo al giro de la roldana; y en conseqüencia conviene hacer los exes muy delgados.

Por otro lado, la cuerda que es tangente á la periferia de las roldanas, ó cilindro de los molinetes, los obliga al giro con proporcion á la mayor palanca ó radio de los molinetes y roldanas á cuyo extremo obra. De donde se deduce la necesidad de hacer las roldanas y molinetes, del mayor diámetro que permitan las circunstancias. Los que quieran tener una expresion geométrica de esto mismo, pueden recorrer los artículos inmediatos.

136 Siempre que los radios de los cilindros de los molinetes, no

excedan suficientemente los de sus correspondientes exes, la colocacion de aquellos en el escoben, bocas de escotilla, y otros qualesquiera parages, contribuye poco, ó quasi nada para disminuir el roce por medio del movimiento giratorio, y solo resguarda el cable, por la figura redonda de aquellas superficies, que lo libertan de cortarse con mas facilidad en los cantos de los sitios mencionados. Como la fuerza que ha de sufrir el exe de un molinete colocado en el escoben es extraordinaria, singularmente en la circunstancia de estar á pique del áncla y trabajar para suspenderla, se sigue que es preciso que el exe sea de mucha resistencia, y supla por la calidad del metal, el menor diámetro que importa conservarle por las razones expuestas.

137 Como el hierro es un metal muy propenso á cubrirse de orin, particularmente con la humedad, se sigue, que si en los molinetes colocados en el escoben, se hacen los exes de dicho metal, adquirirán en breve esta qualidad, á causa de mojarse freqüentemente en las faenas de meter el cable, y en otras circunstancias de la navegacion, resultando de esto la dificultad de rotar. Por tanto, debe renunciarse el uso del hierro para semejantes exes.

138 Para concebir mejor los efectos del roce, supongamos (Lam.IV. fig. 30.) que A B sea un plano horizontal, D E un paralelepipedo que estriva sobre dicho plano. Siendo C el centro de gravedad del paralelepipedo, la vertical C Q manifestará (art. 48.) la direccion con que obra su peso contra el plano A B sobre quien insiste. Este último le opondrá una resistencia igual á su peso en la direccion diametralmente opuesta Q C. Por consiguiente quedará el paralelepipedo en perfecto equilibrio sobre el plano A B. De este perfecto equilibrio se sigue, que si en la direccion horizontal H C, comunicamos al paralelepipedo el menor empuje para moverlo hácia A, dicho paralelepipedo debe obedecer á este levísimo esfuerzo, y ponerse en movimiento. No sucede sin embargo así, á causa de que las pequeñas elevaciones de las superficies G E del plano y paralelepipedo, endentando en las porosidades ó intersticios recíprocos, se oponen al esfuerzo H C, con mas ó ménos fuerza, segun el grado de pulimento, la calidad, y figura del plano, y cuerpo rozante.

Si queremos exâminar en determinados cuerpos, hasta donde llega el esfuerzo del roce, considérese en la Lam. IV. fig. 31. el peso P puesto sobre el plano inclinado A B. El peso gravita segun la direccion vertical G Z, y esta forma un determinado ángulo L J Z con

la superficie del plano. Supongamos pues que quando el plano A B forma el mencionado ángulo G Z H, está vencido el roce. Esto es, que el peso P queda en disposicion de correr hácia A, al efecto de un empuje infinitesimo que se le aplica paralelo al plano, de B para A, pasando por su centro de gravedad G. El ángulo pues L J Z, ó A B C, que forma el plano A B con la vertical B C, ó J Z, manifiesta la cantidad de inclinacion que se debe dar al plano A B, para que el determinado peso P venza el frotamiento; por este motivo se llama al tal ángulo, el del frotamiento.

Por el menor pulimento del plano y cuerpo rozante, ó su menor dureza, ú otras circunstancias, puede necesitarse en distintas experiencias mayor, ó menor el ángulo A B C, á fin de que el roce quede superado.

Para aplicar esto mismo al moton (Lam. IV. fig. 32.) represente A B H la circunferencia de la roldana, D M N la del exe que gira sobre C, K un punto donde se fixa un extremo de la cuerda, A Q manifieste la direccion de la potencia, y P el peso que se pretende suspender. Dicho peso gravita sobre la superficie del exe M N D segun la direccion vertical C P, del propio modo que el paralelepipedo D E gravita sobre el plano horizontal A B (Lam. IV. fig. 30.) Así para el perfecto equilibrio, ó para el caso que ni suba ni baxe el peso, importará que las direcciones de las potencias resistentes aplicadas en K, y en Q, igualen dicha gravedad, y ademas que reunidas en una sola, obren segun la propia vertical C P, pero en direccion de P para C, diametralmente opuesta á aquella segun la qual dirige sus esfuerzos el peso P. Sentado esto no hay duda, que así como en la Lam. IV. fig. 30. correria el paralelepipedo hácia A impelido del menor esfuerzo H C, si no hubiese roce, tambien el exe giraria segun la D M N sobre el punto C, al mas mínimo esfuerzo añadido en Q. Sin embargo, como no podemos prescindir del frotamiento, es menester que la direccion resultante P T C, no sea perpendicular á la superficie del exe en el punto del contacto, sino que se transforme en la P D E, la qual forma un ángulo agudo L D E, ó P D T con dicha circunferencia, del propio modo que en la Lam. IV. fig. 31. la direccion Z J lo forma con la superficie del plano B A.

Esto sentado, supuesto que L D E sea el ángulo del frotamiento para el caso de que hablamos, tiremos la recta C E perpendicular sobre la direccion P D E, y el radio C D del exe perpendicular á la tangente L D T. Supongamos las siguientes denominaciones. El ra-

dio del exe C D $= r$, el de las tablas $= 1$, el ángulo del frotamiento L D E $= f$. Supuesto esto, en el triángulo D E C rectángulo en E, tenemos D C : E C : : 1 : sen. E D C = cos. L D E, y poniendo las denominaciones anteriores, r : E C : : 1 : cos. f. Luego E C $= r$ cos. f. Represente Z aquella mayor fuerza que debe aplicarse en Q, á causa del estorbo del roce, para que la roldana quede en próxîma disposicion de girar. Sea $= R$ el radio de la roldana. Como á causa del roce, se necesita para el perfecto equilibrio, el que el peso trabaje segun la direccion E P, la qual no pasa por el centro C del exe, tendremos que el momento con que se opone el peso al movimiento en virtud del roce, es P × C E. El aumento de fuerza que hemos empleado por dicho embarazo, hagámoslo = Z, este obra al extremo de la palanca R radio de la roldana, luego su momento será $= R$ Z (art. 355.); pero para el equilibrio, el momento de esta potencia actuante ha de ser igual al de la resistente P × C E. Luego R Z = P × C E. Substituyendo en vez de C E su valor r cos. f, tenemos R Z = P × r cos. f, y $Z = \frac{P\, r \cos. f}{R}$. Pero Z, es la adicion de fuerza que importa aplicar en Q, á causa del roce; por consiguiente será esta tanto menor, quanto mas corto sea el radio r del exe, y mayor el de la roldana R; pues el primero entra en el numerador, y el segundo en el denominador del quebrado que expresa su valor.

En breve veremos otro motivo para el aumento de las roldanas, deducido de la rigidez de las cuerdas, ó cabos de labor que las abrazan.

139 Hasta aquí hemos supuesto indiferente, el que la roldana gire sobre su exe, ó bien este último sobre la caxera; sin embargo esta última disposicion será la mas ventajosa para el uso del moton, en el movimiento de pesos de abaxo para arriba. La madera en efecto de una roldana, no puede ser perfectamente homogénea en todas sus partes, esta falta de homogeneidad es general á todos los cuerpos, en los quales observamos constantemente, que estando expuestos en todos sus puntos á igual roce ó friccion, ceden, y se desmoronan en unos mas que en otros. De aquí resulta, que con el continuo uso, se agranda desigualmente el agujero de una roldana que gira sobre su exe, y su desigualdad añade nuevos obstáculos al movimiento. Ademas, siendo diverso el diámetro del agujero en sus puntos, son tambien distintos los radios de la roldana, y varía alternativamente la relacion de la potencia al peso, en el uso de ella.

Estos inconvenientes no tienen lugar girando el exe; porque aunque el peso continuado de arriba para abaxo, haga mas profunda la mortaja ó hendedura de la caxera sobre la qual gira el exe, solo resulta que la roldana ha descendido algo, pero sus radios subsisten idénticos.

140 En conseqüencia de nuestras reflexîones sobre el frotamiento, hemos determinado los tamaños mas ventajosos del exe y la roldana, para disminuirlo. Ahora estableceremos algo acerca los materiales de que ambos deben componerse, á fin de disminuir el propio efecto.

Para esto reflexîonemos que dimanando el roce, ó el estorbo que encuentran para moverse unos sobre otros los cuerpos aun los mas pulidos, del encaxe de sus elevaciones, sobre las porosidades ó cavidades mútuas, es natural discurrir que las materias homogéneas, como dos planchas de azero ú otro material, habiendo sufrido igual pulimento, guarden uniformidad en la figura exterior de sus superficies: esto es, que las elevaciones de la que insiste, correspondan casi una por una á las cavidades de la sustentante. No parece que debe suceder lo propio con tanto rigor, siendo las planchas ó planos de materias diferentes; pues la diversa textura de dichas nos da motivo para congeturar que no afectarán uniformidad rigurosa sus superficies exteriores, y así es natural que en igualdad de circunstancias no endenten tan perfectamente unas con otras las desigualdades de materias diversas, como las de una misma; y consistiendo en esto uno de los estorbos que el roce opone al movimiento, debemos pensar que el roce será menor, quando el cuerpo que resbala ó gira es de materia diversa de aquel que lo sostiene. Esta ilacion la manifiesta la experiencia, cuyos resultados hacen ver, que una plancha de cobre halla ménos estorbo en resbalar sobre otra de azero, que no otra de azero &c.

En atencion á esta última advertencia, convendrá el que las maderas ó metales de los exes, roldanas y caxeras que componen un moton, sean diversos el uno del otro. Esto mismo se tiene presente á bordo, donde en lo general es siempre diferente la madera de las roldanas de la de sus caxeras.

141 Las materias mas duras admiten mayor pulimento que las blandas; en virtud de lo qual parece que convendria substituir las roldanas de bronce ú otro metal á las de madera, quando su extraordinario peso ú otras miras no lo contradixesen. En las roldanas que

corresponden á los propaos del alcazar y castillo y otros parages, no tiene lugar el inconveniente del peso, y así suelen ser la dichas de metal. Los demas medios de disminuir el roce puliendo las superficies, ó bien untándolas con aceyte, sebo ú otras materias, son harto conocidos para detenernos sobre ellos.

CAPÍTULO V.

De la rigidez de las cuerdas.

142 De las reflexîones que hemos hecho acerca del roce, hemos concluido el radio de los exes y roldanas, y el material de su construccion mas á propósito para disminuir el mencionado estorbo. Ahora consideraremos otro embarazo que se opone al movimiento giratorio de las roldanas, el qual proviene de la rigidez de las cuerdas que las envuelven, y por cuyo medio obran el peso y la potencia aplicados en sus extremos. De estas consideraciones deduciremos, la especie de cuerdas mas propias para estos ó los otros efectos, sus diámetros mas convenientes para disminuir los estorbos nacidos de la rigidez, y el aumento que para el mismo fin conviene dar á los radios de las roldanas.

Para concebir como perjudica á los efectos de las fuerzas la rigidez de las cuerdas, imaginemos que el moton ó roldana A B C (Lam. IV. fig. 33.) puede girar sin el menor roce sobre su exe R. Suponiendo iguales los dos pesos P, Q, si aumentamos el uno de ellos, por exemplo, el Q de una corta cantidad, el movimiento no puede tener lugar, á ménos de que la cuerda P A B C Q no sea enteramente flexîble. Para esto concibamos 1.°, que léjos de ser flexîble la cuerda, es enteramente rígida, de suerte que sus porciones A P, C Q se consideren como unas barras hechas firmes en los puntos A y C: es evidente que si en este caso intentamos mover la roldana en el sentido A B C, los dos pesos P y Q tomarán las situaciones *p* y *q*, y para conservarlos en este estado será preciso emplear una fuerza aparte.

En virtud de esto, aunque no podemos graduar las cuerdas de enteramente rígidas como las barras mencionadas, sin embargo su inflexîbilidad, tal qual sea, causa que en la Lam. IV. fig. 34. luego que por el giro de la roldana se traslada el punto A á *a*, y el C á *c*, las porciones de cuerda A P, C Q toman alguna curvidad, de suerte que el peso P se halla mas léjos de R, y el Q mas cerca de lo que

hubieran estado en el caso de ser la cuerda enteramente flexîble. Para reducir las porciones de cuerda *a o*, C *c* tangentes á la roldana en los puntos A y C, importa emplear una fuerza aparte, y el esfuerzo total es mayor del que sin este estorbo se necesitaria para hacer girar la roldana.

143 Si suponiendo como hasta aquí la roldana sin embarazo alguno para girar sobre su exe R, empleamos en vez de una cuerda una cinta, que es extraordinariamente mas flexîble, entónces con el menor peso que añadamos á Q observarémos girar la roldana. Si luego á la cinta le substituimos una cuerda, verémos que conviene añadirle á Q, para que gire, un peso mayor, segun lo mayores que fuesen los dos pesos primitivos P y Q; porque en igualdad de circunstancias, acredita la experiencia que, el estorbo dimanado de la rigidez de las cuerdas aumenta, segun aumentan los pesos ó esfuerzos encontrados que se les aplican.

144 Tambien crece el estorbo de la rigidez, segun el mayor diámetro de las cuerdas, pues las mas gordas son ménos flexîbles.

145 El obstáculo que ocasiona la rigidez de las cuerdas, hemos visto que procede de la cantidad en que la porcion *a o* de la cuerda se desvia del arco *a* A de la roldana. Por consiguiente si la roldana es muy chica, siendo muy violenta su curvidad, el arco *a* A distará mucho mas de la cuerda *a o*, que toca la roldana en *a*, de lo que hubiera distado en el caso de ser la roldana muy grande, á causa de ser menores los desvios de las tangentes de grandes arcos que de los pequeños.

146 Reuniendo las causas que aumentan los efectos de la rigidez de las cuerdas podemos decir que aquellas crecen, en razon directa de los pesos que sostienen las cuerdas y de los diámetros de las mismas; pero en inversa de los radios de las roldanas ó cilindros que dichas cuerdas abrazan. Si suponemos el valor de dos pesos ó esfuerzos $= P$, el diámetro de la cuerda de cuyos extremos penden $= D$, y el radio del tambor ó roldana que los sostiene $= R$, dirémos que el estorbo de la rigidez, contrario á nuestras fuerzas, es $= \frac{PD}{R}$, y que para disminuirlo, en caso de no poder disminuir ni P, ni D, conviene aumentar R: esto es, hacer las roldanas del mayor diámetro que permitan las circunstancias.

147 Las cuerdas muy corchadas, como todo el mundo sabe, tienen una rigidez incomparablemente mayor que las que lo están

ménos; así, en igualdad de las demas circunstancias, los estorbos que nacerian de la rigidez en el ordinario uso de las maniobras serían mucho mayores, si las cuerdas de su servicio estuviesen muy torcidas. Por este inconveniente, y otros de que se hablará en adelante, no se deben torcer mucho los cabos de labor, ó de la maniobra corriente. Las cuerdas ya usadas se doblan con mas facilidad que las nuevas, y por las razones demostradas, el uso de las primeras debe facilitar mucho mas las faenas, que el de las segundas. En los fuertes frios las cuerdas se endurecen, y este accidente entorpece las maniobras que se executan en ocasion de las heladas y crudas noches del hibierno.

148 Habiendo deducido de las observaciones acerca de la rigidez de las cuerdas, que es conveniente para el mejor servicio de las maniobras el que su diámetro no sea muy grande, es indispensable tener alguna idea acerca del aguante de las cuerdas ó cabos de diversas menas, á fin de que conociendo al poco mas ó ménos los esfuerzos que han de sufrir, y las resistencias de que son capaces, pueda el maniobrista aconsejar una discreta diminucion en sus diámetros, segun el uso á que cada cabo se destine.

Con atencion á todos estos conocimientos procedió el Teniente General Don Joseph de Mazarredo, en las alteraciones que introduxo relativas á aparejo, en la campaña de pruebas del verano de 1785. En uno de los párrafos de su informe del navio San Ildefonso se lee lo siguiente, por lo que pertenece á nuestra reflexîon.

»Para la facilidad de las maniobras he hecho otra alteracion; y »es, quitar las enormes amuras y escotas de mayor y trinquete, po»niendo por escotas las vetas de las drizas de sus respectivas vergas, »y por amuras en el trinquete, las vetas de los viradores del vela»cho, y en la mayor una veta de aparejo real, y la veta de la driza »de la verga de mesana, dexando esta solo sobre boza. La práctica »general nuestra de amuras y escotas tan grandes, y aplicar unas »contramuras y contraescotas ménos gruesas en los vientos duros, »es manifiestamente contra lo natural; pues en los tiempos regulares »basta mucho ménos, y en los malos se puede y debe hacer uso de »aparejos, ó de qualquier cabo de todo el grueso que parezca nece»sario, sin que por tanto se siga perjuicio, ni el menor riesgo, de »emplear los delgados para el servicio ordinario, y sí el gran bien »de maniobrar con mucha mas celeridad.«

149 Con motivo de haber hablado de las amuras y escotas, no

debemos omitir nuestras reflexîones acerca de la práctica que se observa en forrar las dichas, los escotines de las gavias y otros cabos. En primer lugar se procura redondear los cabos que se quieren forrar, y para esto se rellenan los huecos entre sus cordones con un cabo de una mena proporcionada al vacio que forma el trenzado ó torcido de dichos cordones, el tal cabito relativamente al servicio que hace, se denomina con mucha propiedad embutidura; despues de esto se reviste con lona, y el todo se sujeta con el meollar exterior en vueltas circulares. El escotin, escota y otros qualesquiera cabos, en los parages en que se doblan pasando por un retorno, abren la distancia entre sus cordones, y dan lugar á que se interne mas el cabito que sirvió de embutidura; como la vela no tira siempre con uniformidad, sino ántes bien executa un continuado tira y afloxa en sus sensibles lascadas y sacudidas, resulta que la abertura entre los cordones, se abre y cierra alternativamente, y la embutidura sirve como de sierra, para cortar poco á poco sus filásticas interiores. Como la embutidura es un cabo muy delgado, respecto al escotin ó escota á quien se aplica, se puede considerar como un solo cordon rígido, en cuyo caso es natural que mediante su continuado roce, corte las filásticas una por una.

Este efecto que fluye naturalmente de todo lo expuesto, se verifica constantemente en la práctica, y en los escotines de gavia, que suelen faltar por el parage en que se doblan para pasar por la roldana de los quadernales ó motones de la verga mayor, se notan palpablemente los efectos del roce de la embutidura; y siendo solo el fin de dicha embutidura el de rellenar los vacios de los cordones, se puede conseguir muy bien empleando simple estopa en vez del cabito mencionado. Con esta substitucion, aun quando la estopa se internase igualmente, la blandura y suavidad de esta no ocasionaria el menor daño á las filásticas.

CAPÍTULO VI.

Del tambor, ó cabrestante.

150 Por tambor se entiende un cilindro movible sobre su exe, ó sobre dos puntos de apoyo donde descansan los extremos del dicho. Se adapta á este cilindro ordinariamente una cuerda, de cuyo otro extremo pende el peso que se intenta mover, lo que se consigue envolviendo varias veces la cuerda en la circunferencia del cilindro

que se hace girar, ó por medio de una rueda, ó de una ó muchas palancas, que se introducen en los agujeros hechos á este fin en el cuerpo del tambor, como se puede ver en la Lam. IV. fig. 35. 36. &c. Quando el cilindro en vez de estar colocado paralelo al horizonte, tiene una situacion vertical como en la Lam. V. fig. 40. y 41., se llama cabrestante.

151 En el caso del equilibrio en el tambor, la potencia es al peso ú obstáculo, como el radio del tambor, al radio de la rueda ó de la palanca donde aplicamos la potencia. Sea para esto A G L (Lamin. IV. fig. 35.) un tambor colocado horizontalmente, J K su exe, D el centro de la rueda, D H su radio. Si imaginamos que el peso Q insiste sobre el punto A de la superficie del cilindro, y la potencia H en el punto H de la circunferencia de la rueda, de suerte que la recta A H corte el cuerpo del cilindro en un punto qualquiera F, es evidente que á causa de la solidez del cilindro, la potencia aplicada en H contra el perimetro del cilindro, y el peso Q aplicado en A, pueden considerarse como dos pesos que actuan en los extremos de una palanca A H, cuyo punto de apoyo está en F; y en este caso, segun las leyes prescriptas para el equilibrio en las palancas, tendremos que la potencia H será al peso Q, como A F : F H. Pero los triángulos rectángulos A F B, D F H * son semejantes por sus ángulos opuestos al vertice F. Luego A F : F H : : A B : D H; y así será H : Q : : A B : D H. Esto es, la potencia al peso, como el radio del tambor al radio de la rueda donde se aplica la potencia.

152 En virtud de lo que acabamos de decir respecto al equilibrio, parece que se puede disminuir arbitrariamente la relacion de la potencia al peso, y hacer de modo que un esfuerzo, por corto que sea, esté en disposicion de vencer qualquiera obstáculo, valiéndonos del tambor. Para esto bastaria aumentar tambien arbitrariamente la palanca, ó radio de la rueda donde aplicamos la potencia, respecto al radio del cilindro.

Sin embargo es menester considerar aquí, que la extremada longitud de las barras ó palancas, ocasionaria un considerable consumo de tiempo en la execucion de las faenas. Para cada caso, hay una relacion determinada entre el radio del tambor y la longitud de las

* Dichos triángulos son rectángulos en B y en D, porque el exe K J pasando por el centro del tambor ó cilindro, pasa por los centros de todas las secciones circulares, y es perpendicular en el centro á las correspondientes en los puntos A y H. Por consiguiente los radios H D y A B formarán ángulos rectos en B y en D con la línea ó exe K J, que es perpendicular á los planos sobre quienes están tirados los radios dichos.

palancas, que es la mas propia para darnos el mayor efecto posible. Con la suposicion de algunos otros principios, y con el uso del cálculo diferencial, se deduce fácilmente la fórmula que expresa la relacion que debe haber, para varias circunstancias, entre el radio del tambor y la longitud de sus barras ó palancas.

Signifiquemos por r el radio del tambor, por R la longitud de las barras, por M la potencia, y por Q el peso que se pretende elevar; la fórmula que expresa la relacion, entre el radio del tambor, y la longitud de las barras es $r = R\sqrt{\frac{M}{Q}}$. Si, por exemplo, el peso Q pesa 100000 libras, y la potencia aplicada en H, esto es, M equivale á un peso $=$ 10 libras, tendremos $r = R\sqrt{\frac{10}{100000}} = R \times \frac{1}{100}$. Esto es, que en dicho caso, el radio del cilindro debe ser la centesima parte del D H de la rueda, para que el efecto sea el mayor que puede obtenerse. Qualquiera otra relacion que en iguales circunstancias establezcamos entre el radio del tambor y el de la rueda, nos hará perder ventaja.

153 Si el peso hubiera sido diverso, se ve por lo que acabamos de decir, que la relacion entre el radio del tambor y la palanca que se le aplica hubiera variado. Por consiguiente, como esto debe entenderse igualmente en el cabrestante, se sigue, que si este por el determinado diámetro de su cilindro, y la prefixada longitud de sus barras, está en disposicion de suspender una áncla, por exemplo, con toda la ventaja posible, no lo estará para suspender un anclote con la misma; porque acabamos de ver, que segun varíen los obstáculos y potencias, deben varíar tambien las relaciones del radio del cilindro, á la longitud de las barras.

154 Dados estos breves conocimientos teóricos de la máquina del tambor, insinuaremos algunas de las prácticas que se observan en el modo de aplicarle una ó mas potencias para vencer el obstáculo.

En el tambor A B de la Lam. IV. fig. 36., ó bien se afirman en el cuerpo del cilindro para hacerlo girar las barras *a b*, *a b* &c., ó bien se adapta á la terminacion de su exe una palanca curba A *c d e*, ya en el un extremo del exe, ya en los dos, como en la Lam. IV. fig. 36. Las potencias se aplican en la superior parte horizontal de la palanca *e d*, y por su medio gira dicho cilindro. De esta manera se dispone el tambor en varias especies de bombas, y en ellas, la palanca curva A *c d e*, se llama comunmente cigüeñal de la bomba.

155 Un hombre que hace girar el cigüeñal de una bomba, obra con mayor ventaja quando describe el semicírculo de arriba para abaxo, que no quando describe el opuesto. En efecto ademas de la gravedad del cigüeñal, como advertimos (art. 88.) puede resultarle tambien favorable dicho descenso, para el obrar de sus músculos.

De resultas de esta observacion puede concluirse, que quando se adaptan dos cigüeñales á un tambor, como en las bombas de rosario ó cadena, conviene disponer estos cigüeñales encontrados como en la Lam. IV. fig. 36.; pues por este medio se consigue, que quando dos ó mas hombres aplicados al un cigüeñal obran con ventaja, la pierden los aplicados en el otro, y esta alternativa puede aliviar su trabajo.

156 La conseqüencia deducida de la anterior observacion, para disponer encontrados los cigüeñales que trabajan en el tambor, no parece del todo concluyente. En efecto no hay duda que colocados dichos cigüeñales opuestamente, las potencias aplicadas en el uno obran con mayor ventaja, quando las aplicadas en el otro con menor; pero tambien es igualmente cierto, que si se disponen ambos con uniformidad, lo que perderán las potencias á la vez describiendo el semicírculo de abaxo para arriba, lo ganarán al descender por el otro. Lo único que favorece la práctica anterior en el caso de que hablamos, es la mayor comodidad que puede encontrar todo agente animado en continuar sus esfuerzos, mas bien trabajando uniformemente, que no obrando con interpolacion, y como á saltos violentos. Quando tratemos de los efectos del roce en el tambor, veremos razones mas concluyentes para colocar encontrados los cigüeñales ó palancas que se le aplican.

157 Quando para aumentar nuestros esfuerzos alargásemos mucho las palancas *a b*, *a b* &c. que aplicamos al cilindro, resultaria que sus extremos *a*, *a*, se desviarian extraordinariamente. Entónces para efectuar nuestros esfuerzos sin interrupcion, seria menester multiplicar el número de palancas, las quales á mas de aumentar el peso vertical del tambor, debilitarian su cilindro A B, debiendo afirmarse en él por medio de otros tantos agujeros. Para obviar este inconveniente á que nos reduciria la longitud de las palancas, se hace pasar por sus extremos *a*, *a*, una rueda en cuyo perimetro se fixan varias clavijas para afirmar nuestros esfuerzos. Estas clavijas son por el estilo de las que llamamos cabillas en la rueda del timon.

158 Quando la cuerda que suspende el peso ha tomado una vuelta en el tambor, entónces el peso ya no obra al extremo del radio del

mismo tambor, sino al extremo de dicho radio aumentado del de la cuerda; á medida de las revoluciones que va efectuando la cuerda, crece el radio en el extremo del qual consideramos que obra el peso. Este aumento importa tenerlo presente, para no extrañar los retardos que se experimentan en el movimiento de un peso, segun el mayor número de vueltas que toma la cuerda en el cilindro.

159 Considerando el radio de una rueda, ó el extremo de una barra donde aplicamos nuestras fuerzas en el tambor, como verdaderas palancas, debemos concluir como en el art. 101., que las fuerzas que obran perpendicularmente á la longitud de las barras aplicadas en el cilindro, actuan con mayor ventaja que las obliquas. Para establecer la relacion que hay entre las unas y las otras, podemos referirnos á los medios insinuados en dicho Capítulo de la palanca.

160 La rigidez de las cuerdas acarrea en el servicio del torno ó cabrestante, los mismos inconvenientes que advertimos en el uso de los motones y aparejos. Por lo tanto tales inconvenientes crecerán en razon del mayor diámetro de las cuerdas, del menor del cilindro ó tambor, y del mayor obstáculo que se intente vencer.

CAPÍTULO VII.

Del roce en el tambor.

161 Aunque las causas del roce en el uso de esta máquina, dimanen de lo propio que apuntamos quando se habló de esta materia en el Capítulo IV, no obstante tenemos que deducir una útil conseqüencia, respecto á la mejor colocacion de la barra ó palanca que aplicamos al cilindro quando es una sola, ó á la de muchas, segun fuere su número y el de las fuerzas empleadas para vencer el obstáculo.

Con el fin de deducir estas mismas conseqüencias por mero raciocinio, y facilitar la inteligencia de la siguiente demostracion geométrica, imaginemos que estando inmovil el cabrestante, lo llame directamente para proa la fuerza del áncla, ó de otro peso qualquiera; tendremos que hallándose inclinado hácia proa, la superficie de su cilindro se aplicará contra la fogonadura de la cubierta en los puntos que corresponden á dicha parte, y si en este estado queremos hacerlo girar, hallaremos el inconveniente del roce. Si suponemos que al mismo tiempo que un peso inclina el cilindro para proa, lo inclina otro para popa con la misma fuerza, el cabrestante quedará perfectamente vertical sin apoyarse en punto alguno de la cubierta, y en

esta situacion, la potencia empleada en girarlo no tiene que vencer el estorbo de la friccion. Lo mismo que hemos dicho del peso particular de proa, debemos entender del esfuerzo aplicado en una sola barra; el dicho en virtud de los puntos en que se halla en su giro, oprime al cabrestante contra varias partes de la fogonadura, y dificulta el movimiento. Si en vez de un solo esfuerzo aplicado á una barra, suponemos dos esfuerzos iguales, dispuestos cada uno en barras encontradas ó diametralmente opuestas, tendremos que quando la una lo inclina sobre babor, la otra lo separa impeliéndole igualmente para estribor, y en virtud de esto queda el cabrestante vertical, y destruida la friccion. Todas las inmediatas conseqüencias que se deducen de esto, las reservamos para el fin de las expresiones geométricas que vamos á deducir relativas al propio asunto.

162 Para esto represente D Z J (Lam. IV. fig. 37.) una seccion circular del cilindro de nuestro uso; P el peso que queremos elevar, el qual gravita segun la direccion vertical D P. Sea C B la longitud de una palanca por cuyo medio intentamos suspender el peso, en virtud de una fuerza aplicada en su extremo B donde le es perpendicular, obrando segun la B H. Tírese la vertical C H, la qual indicará la línea segun la qual gravita el peso P. El ángulo C H B será el que forman las dos direcciones del peso y la potencia. Sea este ángulo $= E$; la resistencia del peso $P = a$; la potencia aplicada en $B = e$. Esto sentado, tomemos en la vertical indefinida C H la porcion C Q que represente el peso $P = a$; por el punto Q tiremos una línea Q M paralela á la direccion B H de la potencia aplicada en B, y hagamos Q M = á dicha potencia $= e$. Si sobre dichas líneas formamos el paralelogramo Q S, tendremos que su diagonal C M, representa la direccion compuesta de ambas, segun la qual se exerce en el punto R del cilindro, un esfuerzo cuyo efecto es de comprimir el cilindro en R, del propio modo que si se apoyase sobre un plano tangente á dicho punto, y á quien la direccion C M de la potencia ó fuerza resultante fuese perpendicular. En este supuesto no hay duda, que quanto mayor sea esta compresion del cilindro, ó su representante C M, tanto mayor será el frotamiento que experimentará para rotar. Para hallar este distinto estorbo que ocurre en varios casos, importa sacar el valor de C M.

Supuestas las anteriores denominaciones, en el triángulo M Q O rectángulo en O, y cuyo ángulo en $Q = E$, tenemos $r : \cos. E :: MQ = (e) : QO = e \cos. E$. Tambien tenemos $r : \text{sen.} E :: e : MO = e \,\text{sen.} E$. Luego

C O = C Q + Q O = $a + e$ cos. E. M O = e sen. E. Pero C M, hipotenusa del triángulo M C O, = $\sqrt{C O^2 + M O^2}$, luego substituyendo sus valores, será C M = $\sqrt{a^2 + 2\ a\ e \text{ cos. } E + e^2 \text{ cos. } E^2 + e^2 \text{ sen. } E^2}$, ó bien $\sqrt{a^2 + 2\ a\ e \text{ cos. } E + e^2 (\text{cos. } E^2 + \text{sen. } E^2)}$; pero sabemos por la geometría, que el quadrado del seno mas el del coseno, es igual al quadrado del radio, luego toda la anterior cantidad ó C M = $\sqrt{a^2 + 2\ a\ e \text{ cos. } E + e^2}$. Este será el valor de la compresion quando la direccion de la potencia e aplicada en B, forme un ángulo agudo C H B con la del peso P representado por C Q = a.

Si en lugar de suponer la barra aplicada segun la C B, la suponemos aplicada segun la C L, de suerte que sea una prolongacion del radio D C sobre el qual insiste el peso P, pero diametralmente opuesta, entónces la potencia e aplicada perpendicularmente en L segun la vertical L h, se confundirá con la direccion D P, que es aquella segun la qual resiste el peso. Por consiguiente si en la indeterminada C H tomamos como ántes la porcion C Q igual al efecto del peso, la M Q, que representa el de la potencia, se habrá de tomar á lo largo de la propia línea C H, desde Q hasta donde alcance. En este caso el paralelogramo Q S, y los triángulos M Q O, M C O se reducen á cero: esto es, el ángulo M Q O = E = 0. Por consiguiente cos. E será en tal caso = 1. Así substituyendo en la expresion anterior del valor de C M, 1 en vez de cos. E, resultará C M = $\sqrt{a^2 + 2\ a\ e + e^2} = a + e$. Luego C M, ó la compresion en el caso de colocar la barra diametralmente opuesta al punto D donde actua el peso, será como la suma del peso P, y de la potencia que se emplea para vencerlo.

Si la barra se aplicase al tambor segun la vertical C H, la potencia e que obra perpendicularmente en su extremo, resultaria perpendicular á la direccion D P del peso: luego la línea Q M se tiraria perpendicularmente á la C H en el punto Q, y entónces el triángulo M C Q sería rectángulo, y la hipotenusa C M = $\sqrt{a^2 + e^2}$. Por consiguiente esta sería la compresion quando se colocase la palanca formando un ángulo de 90° con el radio C D á cuyo extremo obra el peso.

Si colocamos la palanca segun la línea D N, de suerte que coincida con el radio C D á cuyo extremo se aplica el peso, en tal caso la direccion de la potencia $= e$ aplicada segun la N E, será diametralmente opuesta á la gravedad ó resistencia del peso, y por tanto e, ó su representante Q M, se habrá de tomar en la C H, desde Q para C, de suerte que $C M = \sqrt{a^2 - 2ae + e^2} = a - e$. Esto es, que el efecto de la compresion, en el caso de hacer coincidir la barra con el radio C D en el punto D donde gravita el peso, es igual á la diferencia entre el peso y la potencia. En lugar de que quando colocamos la barra diametralmente opuesta, la compresion es igual á la suma del peso y la potencia, ó al duplo de una de las dos si son iguales.

163 Luego para disminuir los estorbos del roce en el uso del tambor quando empleamos una sola barra, importa hacerla coincidir con el radio C D, haciéndola prolongacion suya por la parte D de donde pende el peso ú obstáculo. Como el torno va girando, será preciso sacar la barra de su última posicion, y colocarla de nuevo en otro agujero que presente el cilindro en su rotacion, para que siempre se verifique la ventaja mencionada. Esta particular advertencia tiene lugar singularmente en las embarcaciones pequeñas, donde se suele disponer el tambor horizontalmente, para la faena de suspender el áncla, y otros qualesquiera pesos.

164 Quando tanto en la disposicion horizontal del cilindro, como en la vertical llamado cabrestante, empleamos dos palancas y dos potencias para vencer el obstáculo, conviene disponerlas diametralmente opuestas, de suerte que la potencia aplicada en el extremo de una palanca, destruya la compresion que ocasiona la aplicada en el extremo de la otra. Y así la línea Q M, en el triángulo C M Q, resulta $= 0$; y por consiguiente C M, ó la compresion es solo igual á C Q, ó al peso $P = a$. Lo propio debe practicarse quando las barras que se aplican son en mayor número, como en el ordinario uso que se hace del cabrestante á bordo, procurando emplear en las barras opuestas iguales potencias, y hacer de modo que las negativas destruyan las positivas.

165 Como las cigüeñas que se aplican en las bombas Inglesas, de rosario ó de cadena, hacen el oficio de dos barras ó palancas en el tambor ó cilindro horizontal, se sigue que dichas cigüeñas deben afectar la disposicion encontrada que les hemos dado en la Lam. IV. fig. 36.

166 Quando el cilindro está colocado horizontalmente, al estorbo que respecto al roce hace nacer el peso, se debe añadir la gravedad de la máquina; por consiguiente convendrá guiar la direccion de un peso como P en la Lam. IV. fig. 38., de suerte que el peso obre diametralmente opuesto á la gravedad del tambor.

167 En el cabrestante no se experimenta el efecto de la gravedad de la máquina, porque la dicha obra en la direccion del exe del cabrestante. Sin embargo resulta un frotamiento el qual (por las propias razones que nos hicieron disminuir los exes de las roldanas en el Capítulo IV.) disminuirá á proporcion que dicho exe se termine en punta mas aguda, y esté mas cerca del centro del cabrestante.

168 Para que toda la fuerza que hace un hombre colocado á lo largo de una barra de cabrestante se emplease en el movimiento giratorio de dicha máquina, importaria que la direccion de la fuerza del tal hombre fuese absolutamente horizontal y perpendicular á la longitud de la barra, como hemos visto en lo dicho acerca de las palancas. Siempre que la direccion de la fuerza mencionada no sea perfectamente horizontal, el absoluto esfuerzo del hombre se podrá descomponer en dos, uno horizontal y otro vertical, este último resultará inutil respecto al movimiento del cabrestante, y solo procurará moverse en virtud del primero.

La gente que se aplica contra las barras del cabrestante afirma sólidamente sus pies en la cubierta, y carga su cuerpo sobre las barras dirigiendo sus esfuerzos algo de arriba para abaxo, de lo qual resulta, como acabamos de ver, parte de los esfuerzos absolutos de dicha gente, inutil para el giro de la máquina.

169 Como las fuerzas aplicadas á lo largo de las barras del cabrestante, se consideran como las que se aplican á lo largo de una palanca, resulta que para la valuacion de dichas fuerzas, debemos proceder del propio modo que en las palancas, segun observamos en el art. 151., en el qual establecimos la relacion de la potencia al peso en el tambor.

En virtud de esto, si una barra de cabrestante hecha firme en su exe tiene de largo cinco radios del cilindro del mismo, un hombre aplicado en su extremo, obra con mas ventaja que puesto en otro punto; así el absoluto esfuerzo de que es capaz (si obrase horizontal y perpendicularmente á la longitud de la barra) será su esfuerzo multiplicado por 5; si otro obra á la distancia de 3, será su esfuerzo multiplicado por 3; el que á una de 2, será su esfuerzo multi-

plicado por 2; y el que á una distancia de 1, será su esfuerzo multiplicado por 1.

170 En el uso del cabrestante se distribuyen cinco ó seis hombres á lo largo de sus barras, y por consiguiente para tener el esfuerzo total, no conviene multiplicar el absoluto esfuerzo de los cinco ó seis hombres, ni por la distancia á que está colocado el primero, ni por aquella en donde obra el último, sino tomar una distancia media, que es aquel punto de la barra donde si se reuniesen los esfuerzos de todos, producirian el propio efecto que en la situacion particular que ocupan, como se vió en el art. 95. del Capíulo I. de la palanca.

171 Como la direccion de los esfuerzos de los hombres aplicados en el cabrestante es algo vertical, hemos visto en el art. 168. que parte de sus esfuerzos absolutos, resulta inutil para el movimiento giratorio de la máquina; ademas importa considerar, que una vez puesto en movimiento el cabrestante, los hombres no pueden exercer el mismo esfuerzo que ántes de moverse. En efecto, los dichos deben girar con la máquina, y no pueden afirmar sus pies contra la cubierta, ó hacer hincapie en los términos que ántes.

172 En las embarcaciones pequeñas que llevan poca gente, son de conseqüencia las causas del desperdicio de las fuerzas que acabamos de observar en el uso del tambor vertical ó cabrestante. En atencion á este inconveniente, disponen el tambor horizontalmente de babor á estribor. Por este medio se puede distribuir mayor número de barras á lo largo de dicha máquina, y colocado un hombre en el extremo de las barras, se consigue el que cada agente obra con toda la posible ventaja en esta parte. Ademas como trabajan á pie firme, y la direccion de sus esfuerzos conviene que sea vertical, logran quanta conveniencia es dable en el exercicio de su esfuerzo absoluto.

173 En medio de estas ventajas, no podemos omitir un inconveniente que resulta respecto á la duracion de las faenas, usando del tambor dispuesto horizontalmente. En efecto, trabajando en la forma dicha, importa cambiar freqüentemente las barras, sacándolas de sus primitivos agujeros, y presentándolas á los que se ofrecen de nuevo por medio del giro; este alternado exercicio retarda desde luego todo trabajo, y no tiene lugar en el movimiento no interrumpido del cabrestante.

174 En virtud de todo lo dicho (como puede repararse visto lo que se practíca en la faena de suspender el áncla con el cabrestante)

se presentan tres inconvenientes que dificultan dicha maniobra. El primero, es el roce del cable contra el escoben. El segundo, es la inclinacion que toma hácia abaxo el virador envuelto en el cabrestante, á causa del natural peso y fuerza del cable á quien arrastra. De esta inclinacion dimana, el que la inferior vuelta del virador puede morderse entre el cabrestante y la cubierta, y para evitar este inconveniente, es menester que los marineros destinados para el efecto, procuren echar para arriba las vueltas de dicho cabo, lo qual acarrea un gran retardo en la faena. El tercer inconveniente es el roce que sufre la parte exterior del cilindro del cabrestante contra los bordes del círculo de la cubierta por donde se le abre el paso.

175 Para obviar, en quanto sea dable, el estorbo del roce del cable á su entrada por el escoben, conviene tener presente la division que hicimos del roce en el art. 133. Y supuesto que nos consta que el roce que experimenta encaminar una rueda que insiste en el suelo, y sobre el qual aplica diversos puntos de su circunferencia, es mucho menor que si dexase de rotar, y se viese precisada á adelantar rastreando continuamente la tierra con el propio punto sobre que insiste; será en virtud de esto muy conducente el transformar esta última clase de frotamiento, que de ordinario sufre el cable á su entrada por el escoben, en la primera de la rueda que gira sobre su exe. Para esto si A F B C (Lam. V. fig. 39.) representa la circunferencia del escoben, se conseguirá dicho fin con adaptar á su parte inferior E C D, un molinete horizontal E D, sobre el qual insista el cable quando á su entrada llame directamente por el punto C. Este molinete girará sobre su exe E D, y transformará un frotamiento en otro. No es general el que el cable llame directamente por el punto C, suele inclinarse á uno y otro lado, y rozar á su entrada entre los puntos A y B. Por lo qual será conveniente tener dispuestos otros dos molinetes verticales, como indica la Lam. V. fig. 39., los quales harán el oficio del molinete E D en sus respectivas circunstancias. Respecto á la colocacion de dichos molinetes, véanse las advertencias hechas en los art. 136. 137. 140.

176 El último inconveniente del roce de la parte exterior del cabrestante contra la cubierta, se obviará en lo posible, colocando en dicho perimetro varias roldanas ó molinetes verticales, los quales giren al paso que el cabrestante da vueltas, y que transformen el roce que de otro modo experimentaria, en la segunda especie de frotamiento segun se dixo hablando de la entrada del cable por el escoben.

177 Con el mismo objeto de disminuir el roce, se colocan dos molinetes de bronce en ángulos rectos, en el ángulo de la boca de escotilla por donde entra el cable.

178 Para comprehender claramente las causas que obligan á enmendar los guarnes ó vueltas del virador en la suspension de las áncla, conviene que consideremos la Lam. V. fig. 40. y 41. Si en una y otra nos representa L H la última vuelta del virador que trabaja segun la H F, tenemos que debe envolverse en el cabrestante segun la direccion con que lo llama el peso, y siendo la dicha horizontal y dispuesta á la misma altura de la última vuelta L H, se sigue que el virador cabalgará esta última vuelta, y sucesivamente sobrepondrá las unas á las otras. Separado de otros inconvenientes, lo dicho aumentaria la periferia del cabrestante, y no tendria lugar la determinada relacion establecida entre la longitud de las barras y el radio de su cilindro. Esta sobreposicion de los guarnes no se verifica á bordo ordinariamente, quando su última vuelta queda á una altura como la L H de la Lam. V. fig. 41. El cable viene poco ménos que rastreando la cubierta Q M, y quando el virador se halla en H, toma la inclinacion H J de arriba para abaxo, y en forma de espiral ó caracol se envuelve en el cabrestante: habiendo descendido hasta el punto M, á nivel de cuya altura lo llama el cable, cabalgaria irremediablemente la última vuelta, y aun quando no exîstiese la cubierta Q M, y el riesgo de morderse entre ella y el tambor, sería precisa la enmienda ó suspension de dichos guarnes.

179 Son notorios los retardos que dicha enmienda ocasiona en las faenas de que hablamos, y en conseqüencia se han discurrido varios medios para corregirlos. Sigaud de la Fond nos dice en el art. 5. párrafo 331. de su segundo tomo de Física, que la Academia de las Ciencias de París propuso por objeto de los premios del año de 1741, la formacion de un cabrestante libre de semejante inconveniente. El autor de dicho artículo añade, que aunque la Academia coronó algunas de dichas memorias, no por eso dexa de reconocer aun obstáculos en la trazacion de sus modelos. Nosotros vamos á desenvolver, á nuestro modo, la teórica que puede darnos razon de los efectos prácticos que se observan en punto á enmienda, en los cabrestantes de que modernamente hacemos uso.

180 Generalmente importa darle al virador de tres á quatro vueltas al rededor del cilindro del cabrestante, para que con motivo de su reiterada friccion y adherencia, queden las vueltas bien sujetas, y

no puedan correrse. Si el cabrestante tiene una figura perfectamente cilíndrica, como el de la Lam. V. fig. 40., resulta que las vueltas horizontales del virador, que son perpendiculares al exe B C, * lo son tambien á las líneas N Q, y A M, que terminan la superficie del cabrestante; y en conseqüencia si L O nos representa la fuerza con que la última vuelta del virador oprime al cilindro, tendremos que siéndole perpendicular, solo lo oprime en el sentido horizontal de la L H, y no pudiéndose descomponer de abaxo para arriba paralelamente á la superficie H A, se sigue que no deberá elevarse en lo mas mínimo, ni contribuir á suspender los guarnes superiores.

181 Muy al contrario sucede en la Lam. V. fig. 41., en la qual hemos dado al cabrestante la figura de un cono truncado; las faces N Q, y A M de su superficie exterior, están inclinadas respecto al exe vertical B C, y las vueltas del virador perpendiculares á dicho exe, son obliquas al perimetro del cono. Represente L O en dicha Lam. V. fig. 41. la fuerza absoluta de una de las vueltas; como dicha fuerza es obliqua al plano inclinado Q N, se descompone en dos respecto al perimetro del cono: en la O D, y en la D L; en virtud de esta segunda se aprietan los guarnes al cuerpo del cabrestante, y en virtud de la primera procuran suspenderse, aunque rozando contra la superficie representada por L N, y H A. Se dexa ver que á medida que el cabrestante tome la figura cónica mas violentamente, ó segun que su superficie exterior se desvie mas de la direccion vertical del exe B C, debe aumentar la fuerza O D con que las vueltas procuran suspenderse; de suerte que en el caso de darle al cabrestante la figura de una campana ó de un embudo, como en la Lam. V. fig. 42., debe contarse como indispensable la emienda de los guarnes.

182 No obstante semejante práctica está sujeta á un grande inconveniente. En efecto pasando las vueltas que corresponden al mayor perimetro R P, á ocupar repentinamente el menor S T, quedan en extremo floxas, y el ancla ó peso P de la Lam. V. fig. 41. corre hasta repretar los guarnes, á cuyo tiempo vira el cabrestante inversamente, y este movimiento inverso de sacudida puede estropear la gente, que á la sazon trabaja en las barras desprevenidamente. Si no es mucha la diferencia de los diámetros del cono, como en la Lam. V. fig. 41., no debemos recelar semejante perjuicio; pero en cambio te-

* Estas vueltas de virador se consideran aquí horizontales, despreciando el diámetro de cada una de ellas en comparacion del diámetro del cilindro; porque de otro modo para ser perfectamente horizontales deberian sobreponerse unas vueltas á otras.

nemos, que siendo menor la fuerza O D, tal vez dexará de verificarse la suspension de que hablamos.

183 Uno de los obstáculos que tienen los guarnes en suspenderse puede consistir en la friccion, que padecen contra la superficie L N, H A del cono; para disminuir dicho obstáculo en sus últimas vueltas, parece que seria conveniente hacerlas insistir sobre un plano que girando en el sentido vertical, cambiase la primera especie de frotamiento en la segunda, como diximos (art. 133.), y facilitase por este medio la consabida emienda. Á este efecto se disponen en la parte exterior de los barrotes que revisten la superficie del cabrestante, unas ruedas verticales, cuyos exes particulares sobre que giran, se deben considerar perpendiculares al exe vertical B C del cuerpo del cabrestante. Dichas ruedas sobresalen en una tercera parte de su diámetro al perimetro del cilindro, y por consiguiente lo aumentan proporcionadamente á dicha cantidad en la faxa de su colocacion, haciendo de este modo que en esta parte afecte el cabrestante la figura cónica de que hemos hablado; y se consigue que no aumentando mucho la diferencia de diámetros de dicha máquina, no es extremosa la sacudida que se observa en la emienda; y aunque por esta misma razon no sea muy considerable la fuerza O D (Lam. V. fig. 41.); sin embargo se halla auxîliada con motivo de insistir las últimas vueltas del virador sobre una superficie que gira.

En virtud de todo lo dicho, queda bien probado que las ruedas verticales solo hacen el oficio de una superficie resbaladiza, y que por este único medio aumentan los efectos de la figura cónica del cabrestante, debiéndose dar por quimérica, y enteramente absurda toda otra idea del modo de obrar de las tales ruedas, en las quales la vulgaridad ha supuesto una reaccion en su giro suficiente para la emienda, sin contar con una accion igual y contraria; cosa que no puede verificarse sin controvertir los axîomas fundamentales de la mecánica.

184 Á fin de que la fuerza O D resulte toda por entero para la suspension de los guarnes, importa que el virador trabaje en una direccion horizontal como la parte H F (Lam. V. fig. 41.). Siempre que el dicho se halle inclinado para abaxo, como en la parte H J, la tendencia con que lo llama el peso, impide el que los guarnes puedan emendarse. Las ruedas verticales se disponen en el cabrestante algo elevadas sobre la cubierta, y como el cable viene poco ménos que rastreándola, resultaria que quando el virador se hallase sobre las

ruedas, que yo supongo colocadas en el punto H, se inclinaria segun la H J, procediendo de esto el contrario efecto de que hablamos. En conseqüencia, es parte muy esencial de la máquina la colocacion de un moton ó pasteca, que por su particular elevacion disponga el virador horizontal á la altura de la segunda vuelta que deba insistir en las ruedas; de este modo se verifica empleada toda la fuerza O D, en el punto donde la superficie resbaladiza de las ruedas que giran favorece sus efectos.

En prueba de esta verdad que nos presentan nuestras reflexîones, podemos añadir una observacion práctica. En la fragata la Mahonesa, cuyo cabrestante está construido en los términos indicados, se observó que un dia que estaba el moton de que hablamos simplemente sobre la cubierta, de suerte que el virador no quedaba horizontal en el punto debido, dexó de verificarse muchas veces la emienda, y posteriormente otro dia en que se verificó mas freqüentemente, habian elevado el moton con la interposicion de un tarugo de madera; tambien pudo suceder que el mayor número de vueltas, con que estuvo guarnido el cabrestante el primer dia, causase en parte la diferencia advertida.

185 Para no omitir alguna circunstancia esencial, en que tengan lugar nuestras reflexîones en la descripcion de esta máquina, debemos advertir, que los barrotes que revisten su cilindro están rayados verticalmente. De esta suerte el virador que se envuelve adhere mas, pegándose en los cantos de estas medias cañas, y por consiguiente con ménos número de vueltas se puede proceder á la faena de suspender las ánclas. Á este efecto de la mayor friccion en el sentido horizontal perpendicular al exe del cabrestante, pueden contribuir las varias piñas ó barriletes distribuidos en el virador, con el objeto principal de la sujecion de las badernas. Por otro lado, insistiendo las vueltas del virador en los barrotes dichos, y no en el cuerpo del cilindro, abrazan mucha ménos superficie, y hallan ménos obstáculos que vencer para suspenderse. De suerte que la disposicion de los barrotes, al paso que aumenta la friccion horizontal, y proporciona el menor número de vueltas, disminuye la que deberian experimentar los guarnes en el sentido vertical, y favorece la emienda.

186 Aunque en el cabrestante de que hablamos difieran poco los diámetros de sus partes superior é inferior; sin embargo para que no tenga lugar el retroceso, cuyos perjuicios hemos indicado (art. 182.), tiene en su parte superior unos linguetes encontrados, que sin impe-

dir su ordinario giro en un sentido, lo dificultan en el opuesto.

187 Habiendo dado razon de los principales efectos y ventajas que puede proporcionar el uso del nuevo cabrestante, es muy del caso que manifestemos algunas circunstancias que pueden dificultar su buen éxîto. Por la mucha mena del virador, por el diminuto radio de las ruedas y baxa colocacion de la pasteca, puede suceder que la última vuelta del virador abrace ya el centro de las ruedas, y entónces no verificándose su movimiento giratorio, no hacen el oficio de una superficie resbaladiza. Si el virador llegase á ser tangente á la parte inferior de las ruedas, y las dichas pudiesen efectuar su giro á pesar de la opresion de las vueltas superiores, contribuirian á que el virador descendiese mas presto de lo que hubiera descendido en otro cabrestante.

188 Siendo las ruedas de madera y mojándose con el agua que destila el virador, debemos creer que se hinchen dichas ruedas, y apretándose sus dos superficies contra los barrotes que les sirven de mortaja, cesarán de rotar y de hacer el oficio de un plano que gira. Si dichas roldanas fuesen de bronce, se evitaria el inconveniente mencionado; y en quanto á las ventajas dimanadas de la diminucion de roce, por razon de la mayor dureza y lisura del metal, debemos referirnos á lo dicho (art. 141.).

189 Teniendo presente que no hay efecto sin causa, se colige al instante que los guarnes no pueden emendarse en el cabrestante de las ruedas, ó en otro de figura cónica, sino á expensas de los agentes empleados en el movimiento de dicha máquina. En efecto, las vueltas del virador se suspenden en la Lam. V. fig. 41. y 42. quando abrazan los mayores perimetros L H, y R P; por otro lado sabemos (art. 152.) que las potencias destinadas á mover el cabrestante, obran en quanto á la fuerza con una ventaja correspondiente á la mayor longitud de las barras respecto á los radios del cilindro. En conseqüencia los hombres que trabajan en las barras deben emplear mas fuerza quando el virador emienda, hallándose en L H, y R P, que no quando corresponde al menor perimetro N A, ó S T.

Hemos hecho aquí esta trivial advertencia, como otras varias de este tratado, al favor del comun de las gentes, que observando sin ojos mecánicos los efectos de la emienda del virador, juzgan que lo dicho sucede solamente por particular disposicion de la máquina, sin que pongan nada de su parte las gentes que trabajan en moverla. Si quitamos la gente de las barras, el cabrestante y quanto de él de-

pende queda inmovil. Desde el instante en que dicha máquina se pone en movimiento por medio de los hombres, debemos mirar á estos como activas y pasivas causas de todos sus efectos. Los axîomas mecánicos en nada se diferencian de los geométricos, y el efecto que pide su causa, la accion igual á la reaccion, y otros de esta especie, deben verificarse en todos los movimientos imaginables. La complicacion de muchas máquinas oculta á los poco reflexîvos la exîstencia de estas verdades, y de aquí toman orígen las quimeras del movimiento perpetuo, y otros absurdos de esta especie.

CAPÍTULO VIII.

De la cabria.

190 Para la elevacion de pesos, tanto á bordo como en tierra, importa muchas veces servirnos de un aparejo ó máquina como el de la Lam. V. fig. 43., que generalmente comprehendemos baxo el nombre de cabria. La dicha se forma de dos perchas ó bordones D H, y B C, cruzados y hechos perfectamente firmes en A, y que apoyan contra la tierra ú otra base fixa H C, en los puntos H y C. Como en los artículos del cabrestante y de los aparejos hemos hablado acerca del aumento de fuerzas que nos procuran ambas máquinas, omitiremos aquí el repetir lo mismo, respecto al modo de obrar de la potencia para vencer un peso como P, y solo insinuaremos los medios generales mas propios para la sujecion de la cabria en todos sentidos.

191 Para esto supongamos que el peso y la potencia obran en una direccion perfectamente vertical, que al modo de la A P divide por mitad el ángulo H A C que forman los dos bordones que componen la cabria. Si dicha fuerza vertical la hacemos igual á la A R, tenemos que es obliqua al bordon D H, y en conseqüencia, respecto á él, la podemos descomponer en las dos A F, y F R; la primera que obra en el sentido del mismo D H, y contribuye á profundizarlo en el terreno en el punto H, y la otra que lo pretende inclinar con toda la fuerza F R de la izquierda para la derecha. La misma A R puede descomponerse en dos fuerzas respecto al bordon B C, y en virtud de una de ellas procura profundizarlo en C, al paso que con la otra intenta inclinarlo de la derecha para la izquierda; esta última fuerza es igual á la F R, y en conseqüencia quedan destruidas, y la cabria en este estado no debe caminar de la derecha á la izquierda, ó al contrario.

192 Pasemos ahora á considerar las fuerzas que resultan en la direccion de ambos bordones, y supongamos que sean iguales á Q H y á M C. Dichas direcciones obliquas al terreno ocasionan tambien dos efectos; en virtud de las fuerzas Q S, y M N, uno y otro bordon intentan profundizarse en los puntos H y C de la base sobre que estriban, y en virtud de las otras dos S H, y N C procuran resbalar á lo largo de O L, segun la H O y la C L. Este último movimiento puede dificultarse por la especie de ligadura ó vueltas de cabo con que se sujete la cruz A, que impidan la rotacion de los bordones sobre dicho punto: igual efecto puede causar el roce contra el terreno O L; pero sobre todo lo impide el uso de un tablon atravesado Q M, que no permite que se abra en lo mas mínimo el ángulo en A. En vez del tablon Q M se puede usar de unas vueltas de cabo que produzcan igual efecto.

193 Segun todo esto una cabria colocada en un plano vertical, servirá para elevar verticalmente el peso P de la Lam. V. fig. 43., sin el menor riesgo de caer de izquierda á derecha, de adelante para atrás, ó inversamente. Sin embargo, dicho estado solo puede verificarse en el de un perfecto equilibrio, y aun prescindiendo de la dificultad de conseguir la absoluta direccion vertical del peso y la potencia, una cabria dispuesta en los términos insinuados, caeria al menor soplo de viento. Presente esto, vamos á ver los modos de sujetarla en todos sentidos, de suerte que resulte inmovil en todas circunstancias.

Supongamos que dos cabos A J, y A T se tesen firmemente en los puntos J, T, y que formen á derecha é izquierda con la vertical A P, los ángulos J A P, T A P. La fuerza de su tension descompuesta en dos, sujeta la cabria con las partes Z X, y Z V; de suerte que la primera destruye todo movimiento de la derecha para la izquierda, y la segunda todo el de izquierda para derecha. Si dichos cabos ó vientos de la Lam. V. fig. 43. se disponen con inclinacion hácia atras, de suerte que formen cada uno con su bordon un ángulo como el K G X (Lam. V. fig. 44.), resulta que en virtud de las fuerzas de ambos cabos que se exercen en el sentido de la *d a*, queda la cabria imposibilitada de caer para adelante. Si á mas de los dos vientos de la Lam. V. fig. 43. inclinados para atras, y á derecha é izquierda, se disponen otros dos, que ademas de esta misma inclinacion lateral, tengan otra para adelante, queda la cabria sujeta en todas las direcciones.

Supongamos, por exemplo, que á bordo, á causa de no poder hacer uso de los palos, se arme una cabria para meter la artillería ú otros efectos en la bodega. Sujeta la cruz A (Lam. V. fig. 43.) de los bordones que la forman, demos el caso que se apoyen sus cozes contra las amuradas de babor y estribor en los puntos H y C, impidiendo ademas por medio de un buen asiento, el que puedan correr de proa para popa, y al contrario. Corresponda la cruz A á una qualquiera boca de escotilla. Segun todo esto, de los quatro vientos, los dos de popa deben hacerse firmes sobre el coronamiento, el uno á la parte de babor, y el otro á la de estribor; igual colocacion sobre una y otra vanda debe dárseles á los dos vientos dispuestos á proa. De esta suerte la cabria resulta inmovil. Los dos vientos de popa impiden su inclinacion para proa, y los dos de esta parte su inclinacion para popa. Los vientos de proa y popa que se afirman sobre estribor, impiden á mas de la sujecion dada á sus cozes H y C, todo movimiento para babor, y los que están hechos firmes en esta última parte dificultan el opuesto.

Si en vez de disponer la cabria en el plano transversal ó de la manga del navio, la disponemos en el longitudinal ó de proa para popa, en semejante caso los vientos podrán afirmarse á las bigotas de las mesas de guarnicion de mayor y de trinquete, y harán el mismo oficio que las xarcias y estays respecto á los palos. La posicion de la cabria á bordo debe variar segun las circunstancias, y lo dicho basta para dar idea del modo de sujetarla en cada una de ellas en particular.

194 En el Capítulo VI. y pag. 336. del 2.º tomo del Tratado instructivo y práctico de Maniobras de Don Santiago Zuloaga se halla descripto el modo material de armar la cabria y de elevarla á bordo, para los casos en que importe arbolar un navio de todos sus quatro palos. Qualquiera que se haya hecho bien cargo de nuestras reflexiones anteriores, acerca de la composicion y descomposicion de las fuerzas en el uso de esta máquina, comprehenderá desde luego el servicio de los quatro vientos, que dicho Autor dispone en el intermedio de cada bordon, como asimismo el de los pata-raices y estays de popa y proa. En la maniobra de meter los palos por medio de la cabria, en los términos que lo trae dicho Autor y otros varios, puede ocurrir una dificultad, cuya sencilla solucion merece lugar en el siguiente artículo.

195 Demos el caso que por lo muy abierto del ángulo en A de

los bordones en la Lam. V. fig. 43., por lo corto de los dichos, ó por otro qualquiera accidente, quede el palo suspendido en la cabria (Lam. V. fig. 45.) por el punto O inferior á su centro de gravedad G. El palo rotará sobre el punto de su sujecion O, y hasta completar el giro, formará varios ángulos como el N O d con la vertical (art. 358.). Si en este caso no se pudiese, ó no se quisiese hacer uso de los aparejuelos ó andariveles dispuestos en Q, en N, ó en otros parages para disponerlo en candela segun la *m d*, es claro que añadiendo á la coz N del palo el peso de un cañon, ó de una proporcionada cantidad de balas, haremos de modo que la porcion de palo O N pese tanto como la O Q, y en este caso el centro de gravedad G caerá en el mismo punto de sujecion O, y no habiendo rotacion alguna, quedará el palo en candela ó vertical segun la *m d*, dispuesto para arriarlo y dirigirlo por sus fogonaduras hasta la carlinga.

CAPÍTULO IX.

Del timon.

196 Quando tratemos de los movimientos del navio hablaremos extensamente acerca de aquellos que le procura dar la diversa colocacion de la pala del timon. Por ahora nos contentaremos con describir dicha máquina, y hacer ver las ventajas con que obran los timoneles, para darle las inclinaciones convenientes.

197 Para girar el timon con mas facilidad, se usa ordinariamente de una rueda de tres á quatro pies de diámetro, colocada verticalmente en el alcazar baxo la chupeta, en el sentido de la longitud del navio. Represente A B el codaste en la Lam. VI. fig. 46., D C es la pala, y C E la barra ó caña del timon, á cuyo extremo E se aplican dos cuerdas E G J L, y E F H K, las quales pasando por los dos motones G y F, hechos firmes en los dos costados del navio, pasan tambien por los otros dos J y H, y suben despues verticalmente hasta el exe M N de la rueda O P, en cuyo exe se envuelven opuestamente. Es evidente que quando gira la rueda O P en cierto sentido, una de sus cuerdas se afloxa y desenvuelve, mientras que la opuesta se tesa, y procura mover la barra C E hácia uno de los costados de babor ó estribor del buque.

198 En la descripcion que acabamos de hacer del laboreo de los guardines del timon E F H, E G J, ocurre un inconveniente de conseqüencia para el manejo de su caña C E. Represente A B (Lam. VI.

fig. 47.) la caña del timon. C B, el laboreo de uno de los guardines F E, ó G E de la Lam. VI. fig. 46. Como el guardin C B (Lam. VI. fig. 47.) llama la caña segun una línea recta, y la caña describe durante su giro el arco de círculo B D, resulta que aunque en el punto B es el guardin perpendicular á la caña B A, cesa de serlo á medida que esta última describe el arco de círculo de quien es radio. De suerte, que quando se halla en el punto D, el guardin trabaja segun la D C, y una considerable parte de su fuerza resulta inutil, como se puede ver descomponiendo la D C en perpendicular, y paralela á la caña. Este inconveniente queda destruido, haciendo que el guardin laboree segun la misma periferia D B, en cuyo caso el guardin será siempre perpendicular á la caña, siendo una tangente en qualquiera de los puntos B y D. Para este efecto se les da á los guardines el laboreo de la Lam. VI. fig. 48. D B C representa un arco de círculo, á cuya periferia se amoldan los guardines H F D *r*, G E C *r*; *r*, *r*, *r*, &c. manifiestan unos rolletes ó pequeños molinetes, colocados verticalmente en la misma hendedura ó muesca abierta en el espesor de la periferia, con el fin de disminuir el roce del guardin, por el mismo estilo que todas las roldanas y retornos de que hemos hecho mencion en el art. 134. Los motones ó retornos D, F, H, C, E, G, sirven para dirigir los guardines, y mantenerlos horizontales sin formar seno.

199 Si los timoneles trabajasen inmediatamente en el extremo E de la barra (Lam. VI. fig. 46.), considerando esta como una verdadera palanca, tendriamos fácilmente el esfuerzo de que eran capaces. Supongamos que la mitad de la extension de la pala es de dos pies, y que la barra C E, que entra hasta dicha mitad, tiene 30 pies de largo; la barra C E compondrá 15 radios ó medias extensiones de la anchura de la pala. Por consiguiente la fuerza aplicada en el extremo E será 15 veces mayor, y si, por exemplo, la fuerza absoluta de un timonel es de 25 libras, trabajando en el punto E hará una fuerza de 375, igual al producto 15 por 25. Si por otro lado, los radios de la rueda O P son 4 veces mayores que los de su exe M N, el timonel que trabaja en sus extremos hará un esfuerzo 4 veces mayor que si hubiera permanecido en el punto E de la barra; pero el esfuerzo que hacia en E resultó de 375 libras; luego el esfuerzo con que trabaja relativamente al movimiento de la pala D C, en virtud del mecanismo del timon, es de 1500 libras, suponiendo el esfuerzo absoluto del tal timonel de 25 libras. En virtud de esto, no

deberá extrañarse el que un hombre, cuyo esfuerzo absoluto es de solas 25 libras, mantenga inmovil el timon contra un golpe de mar, que hace un esfuerzo de 1000 ó 1200 libras contra su pala.

200 Segun lo que acabamos de ver, se ofrecen dos medios propios para aumentar la fuerza de los timoneles; el uno es aumentando la longitud de la barra C E, y el otro aumentando la de los radios O N, y N P de la rueda, respecto á la de su exe M N. En el primer medio se presenta un inconveniente, y consiste en que la ordinaria longitud de la barra C E es tal, que su extremo E toca en las amuradas del navio, quando la pala D C forma con la direccion de la quilla, ó con el codaste A B, un ángulo de 35°. Este ángulo debe ser algo mayor para conseguir el modo mas ventajoso de obrar del timon (como veremos en los movimientos del navio); así léjos de pensar en el aumento de la longitud de la barra, conviene disminuirla. Por consiguiente todo el arbitrio se reducirá al segundo medio, en que podemos aumentar los radios N O, y N P, ó disminuir el del cilindro ó exe M N, sin perjuicio del mencionado ángulo.

201 Teniendo presentes los aumentos que adquieren las fuerzas absolutas, á causa de la longitud de las palancas donde se aplican, concebiremos fácilmente en la Lam. VI. fig. 49. los prodigiosos efectos de la pala del timon A C, que siendo tan pequeña respecto al cuerpo del navio, contribuye no obstante esto á darle diversos movimientos, con la suma facilidad que observamos en la práctica.

Represente para esto A B el navio reducido á la longitud de su quilla. Sea G su centro de gravedad, y A C la pala del timon, chocada por la corriente del agua paralela á la quilla como indica la Lam. VI. fig. 49. La corriente del agua resulta obliqua á la pala A C, y el esfuerzo de la tal corriente podrá descomponerse, en paralelo á la pala, y perpendicular. Supongamos que D E manifieste dicho último esfuerzo, el qual respecto á la quilla A B, se podrá descomponer en el F E paralelo á dicha, y en el D F que le es perpendicular, y que es el único que contribuye á hacer girar el navio. Como G es el centro de gravedad del buque sobre el qual debe rotar, resulta que aunque la fuerza D F sea muy corta, obra no obstante esto á toda la distancia G F del punto G, y así el momento $D F \times G F$, que contribuye al movimiento giratorio es muy grande, y puede muy bien una corta fuerza representada por D F, hacer girar la enorme máquina del navio, del propio modo que un solo timonel capaz de un esfuerzo de 25 libras, vimos (art. 199.) que podia contrarrestar otro de 1500.

CAPÍTULO X.

De las bombas.

202 Antes de dar una particular descripcion de las bombas que se usan comunmente en las embarcaciones, diremos quatro palabras acerca de los efectos de estas máquinas, originados de la gravedad del ayre que nos rodea.

La experiencia hizo patente en todos tiempos, que si se sumerge en el agua el pico de una xeringa, y luego se tira hácia sí el embolo, el agua del recipiente entra en el tubo, y segun que se retire el embolo, va avanzando y siguiéndole en su retroceso. Como el embolo es un cuerpo sólido encaxado en el tubo, el lugar que él ocupa no puede ser ocupado por otro cuerpo; así al retirarlo se dexa vacío en gran parte aquel espacio del tubo donde se efectua su movimiento. La práctica constante de que el agua ocupaba este espacio quasi del todo vacío de ayre, hizo nacer entre los estudiosos la idea de explicar este fenómeno, diciendo que la naturaleza aborrecia todo vacío, y que en virtud de este horror, el agua del recipiente adelantaba en el tubo. Galileo fué el primero que se convenció, en que las bombas aspirantes ó absorventes, no podian elevar el agua mas arriba de 31 ó 32 pies, aunque el tubo tuviese 40 ó 50, y que la parte de dicho superior á los 32 pies, se hallase privada de ayre grosero. De esta observacion concluyó solamente, que la naturaleza aborrecia el vacío hasta un punto determinado, y que sus esfuerzos para evitarlo tenian límites.

203 Su discípulo Torriceli hizo despues la siguiente experiencia. Tomó un tubo de vidrio A B (Lam. VI. fig. 50.) de 4 pies de largo, cerrado herméticamente por el un extremo A, llenó dicho tubo de mercurio, y tapando el otro extremo con el dedo, lo puso perpendicularmente sobre un vaso D donde habia tambien mercurio. Admiróse Torriceli al ver que quitando el dedo, el mercurio del tubo caía en parte dexando vacío el espacio A C, y quedaba suspendido á la altura E C, de cerca de 28 pulgadas encima de la superficie del mercurio del vaso. De esto concluyó, que el aborrecimiento de la naturaleza para el vacío era una expresion quimérica, y que el ayre no podia ménos de ser pesado.

En virtud de este supuesto, para dar una razon de la experiencia de Torriceli, se debe tener presente que si el mercurio se man-

tiene á la altura de cerca de 28 pulgadas, esto dimana de que no hay ayre alguno en la parte del tubo A C que el mercurio ocupaba anteriormente, y como el ayre exterior gravita y oprime la superficie del mercurio del vaso D, y no el que está dentro del tubo; este último, que obra sin otro auxîlio que el de su gravedad, se mantiene en equilibrio con el primero á la dicha altura. De esto se deduce, que el peso de una columna de mercurio de 28 pulgadas de altura, es igual al de una columna de ayre de la misma base, y que tenga por altura toda la elevacion de la admosfera.

Para convencerse mas claramente de que la elevacion del mercurio en el tubo dimana del peso del ayre, basta transportar el baso y tubo de la Lam. VI. fig. 50. á un sitio mas profundo que el anterior, el qual suponemos al nivel del mar. En el momento veremos elevarse sensiblemente el mercurio en el tubo E A, á una altura mayor de 28 pulgadas; porque entónces la columna de ayre que gravita sobre el vaso D es mas alta, y por consiguiente debe oprimirlo con mayor fuerza. Todo al contrario se verifica, situando el vaso y tubo en una altura considerablemente mayor que el nivel del mar.

204 Lo propio que acabamos de advertir acerca del equilibrio del mercurio con el peso del ayre, debe entenderse de otros qualesquiera licores. Una cierta columna de agua, por exemplo, se mantendrá en equilibrio con otra de ayre; pero como en igual volumen, el agua pesa 13 veces y media ménos que el mercurio, se necesitará que el agua se eleve en el tubo 13 veces y media mas, para conseguir el equilibrio. Así la elevacion del agua será de 378 pulgadas, ó de 31 á 32 pies, que es la propia altura á que advirtió Galileo limitarse el horror que la naturaleza tenia para el vacío.

205 Prévios estos conocimientos, pasemos á describir una bomba aspirante simple, y despues aplicaremos todo quanto digamos acerca de sus partes, á las que entren en la composicion de las que se usan á bordo, las quales describiremos separadamente.

La bomba aspirante ó absorvente simple, como indica la Lam. VI. fig. 51., se compone de dos tubos A B, C D; el diámetro de este último, es mucho mayor que el del primero. Estos dos tubos se unen en E F. El tubo A B, que está sumergido en parte en el agua W Z que se pretende elevar, se llama tubo aspirante ó absorvente, su extremo inferior forma una especie de boca, para dar mas libre entrada al agua. En A A hay una especie de enrejado, á fin de que quando el agua suba, no lleve consigo otros cuerpos que estorben despues

el juego de las válvulas ó del embolo, y el exercicio de la bomba. El tubo C D, que ordinariamente se hace de cobre, se llama el cuerpo de la bomba, el qual se trabaja muy liso por el interior para disminuir, en quanto sea dable, el frotamiento del embolo que tiene su exercicio en dicho tubo.

El embolo de esta bomba es una especie de cono truncado O K P L, cuya base mayor está cercada con un pedazo de cuero dispuesto de modo, que la parte superior de este cuero forme, con corta diferencia, la figura de la boca ancha de un embudo. El embolo dispuesto de esta forma, debe entrar con algun trabajo en el cuerpo de la bomba; pero el diámetro del cilindro de madera que le sirve de horma, debe ser unas dos pulgadas menor que el del tubo. Estos embolos se construyen ordinariamente de maderas fuertes, para asegurar su permanencia. El embolo tiene un agujero M K L á lo largo de su exe, el qual se cierra con una especie de tapadera N, llamada válvula ó chapeleta. Estas suelen ser de cuero, el qual se afirma en la madera del embolo. Quando esta válvula está caida, debe exceder como en media pulgada la circunferencia del agujero, y para que cierre con mas exâctitud, se la carga de una plancha de plomo. El embolo está vaciado, y á su extremo R se le aplica un mango de hierro R 4.

En el medio E F de la union del cuerpo de la bomba con el tubo aspirante, hay otra tapadera ó válvula J G, que sirve para cerrar el agujero H. Daremos aquí la descripcion de esta válvula. E F (Lam. VI. fig. 52.) indica el diámetro de los dos tubos en su union, dicho diámetro excede al del tubo aspirante representado por G J, en toda la corona E G, ó J F. Sobre esta corona se aplica la válvula de cuero N G K J L. L N manifiesta su cola afirmada en dichos puntos de la corona. El circulito interior indica el agujero H de comunicacion del un tubo con otro, y cuyo diámetro es menor que el de la válvula; esta última se carga con una plancha de plomo, hierro, ó cobre, igual al tamaño del agujero, á fin de que se cierre con mas exâctitud y brevedad, y al mismo tiempo para que no se doble al esfuerzo de la presion del ayre ó agua, que obran en su parte superior. Supuesto todo esto, vamos á ver de qué modo el peso de la atmosfera hace elevar el agua en las bombas.

206 Quando se levanta el embolo, dexa este un gran vacío en el espacio J S T G (Lam. VI. fig. 51.), donde solo queda un ayre sumamente dilatado. Entónces el que se encuentra en el tubo aspirante

A B, puede mas que el que se halla repartido en el cuerpo de la bomba, y abre en virtud de su mayor resorte la válvula J G, que cerraba la comunicacion de un tubo con otro. Despues penetrando por todo el cuerpo de la bomba, queda igualmente rarefacto desde la superficie del agua W Z, hasta baxo de S T base del embolo. Habiéndose disminuido por este medio el resorte del ayre de los dos tubos, da lugar á que el peso de la atmosfera que gravita sobre la superficie W Z del agua, la eleve en el tubo aspirante hasta cierta altura, que no es grande al primer ascenso del embolo. Á la caida de este último desde S T, se condensa todo el ayre que se opone á su movimiento, y hace cerrar la válvula J G. El ayre contenido en el espacio J S T G, hallándose comprimido mas y mas, segun va baxando el embolo, su resorte adquiere una fuerza superior al peso de la atmosfera, abre la válvula N, y escapa por el agujero K L M. Si en este caso se vuelve á elevar el embolo, la válvula N se cierra, y el ayre del tubo A B se dilata por el espacio J T; el peso de la atmosfera á causa de esta dilatacion del ayre, hace subir el agua á una altura mayor que la primera. En fin continuando en el exercicio del embolo, el agua llega en el cuerpo de la bomba hasta cierta altura como la O P, y el espacio J S T G del cuerpo de la bomba se halla ocupado, parte por el agua, y parte por el ayre; este último queda reducido al espacio O S T P. Haciendo baxar el embolo, la válvula J G se cierra, y el ayre que quedaba en el cuerpo de la bomba, se ve precisado á pasar por el agujero del embolo con parte del agua, la qual en elevándose sobre la válvula N, no dexa ayre alguno en la parte inferior, y entónces sube el agua hasta S T. Baxando de nuevo el embolo, el agua del cuerpo de la bomba hallándose rechazada, abre la válvula N, se coloca encima, y al elevar el embolo descarga en el conducto V X, para que desde allí se distribuya á donde convenga. Segun todo lo dicho, se ve que el mecanismo de esta bomba consiste, en la presion del ayre exterior, y en el movimiento de las dos válvulas N y G, que se abren y cierran alternativamente.

Prévia esta idea general acerca de las bombas aspirantes, pasaremos á describir particularmente las que se usan á bordo baxo el nombre de Españolas, y despues las que llamamos Inglesas, ó de cadena.

207 Á pesar de la trabazon y calafateo con que se procuran unir las diversas piezas que componen el total de un buque, el agua se introduce por sus uniones, y nos precisa á servirnos de las bombas

para extraerla; de suerte que sin esta providencia, nuestra vida correria peligros inminentes en las varias ocurrencias de las navegaciones. Los Chinos, segun dice Mr. Bouguer, acostumbran dividir la bodega ó hueco interior de sus buques, en varias celdillas ó apartamientos, con mamparos que impiden la comunicacion del agua de unos á otros. Las ventajas de este uso se presentan desde luego; en efecto, no pudiendo pasar el agua que alberga una celdilla á su inmediata, resulta que el buque que hace agua por un punto determinado, solo admite la cantidad necesaria para llenar el vacío de su correspondiente celdilla, que siendo de corto espacio, no arriesga el destino de un barco aunque esté llena. Si esta práctica presenta la ventaja que acabamos de ver, ofrece mayores inconvenientes por otro lado. En primer lugar, las multiplicadas divisiones deben embarazar extraordinariamente la bodega, con perjuicio del arreglo de la aguada, distribucion del lastre, y otras miras. Ademas puede muy bien suceder que en un abordage, ó en una varada, reciban los buques un golpe tan violento, que abra la comunicacion del agua entre todas las celdillas, y en este caso sería inevitable la pérdida de un barco que hiciese agua, y no tuviese el recurso de las bombas.

208 Las bombas Españolas, que ordinariamente se colocan cerca de la mediania del navio al pie del palo mayor, se forman de un largo madero cilíndrico taladrado en el sentido de su longitud, y cuyo agujero tiene de quatro á cinco pulgadas de diámetro. La fig. 53. de la Lam. VI. representa una de estas bombas. B G es el cuerpo de la bomba, y A D su guarnicion ó embolo, que tiene una válvula ó chapeleta en S. En el punto C del cuerpo inferior de la bomba se coloca una especie de cono ó cilindro vaciado, llamado mortero, como indica la Lam. VI. fig. 53., el qual tiene su válvula ó chapeleta en C; dicho mortero puede extraerse, introduciendo por la parte superior del cuerpo de la bomba, una barra de hierro, llamada sacanabos, la qual tiene un gancho en uno de sus extremos.

Por este medio se remedia qualquiera impedimento originado en la válvula C, y una vez remediado, se vuelve á introducir fácilmente. Sin esta pieza postiza, sería dificil el corregir todo embarazo ocurrido en el juego de la válvula C, y acaso importaria dasarmar la bomba para conseguirlo. G es el punto por donde debe salir el agua mediante el exercicio del embolo. En el punto F de la palanca E F, llamada cigüeñal, se aplican varias cuerdas, á fin de que

muchos marineros puedan trabajar á la vez en dicha máquina. *

209 En la Lam. VI. fig. 51. de la bomba descripta anteriormente, hémos visto que tiene en A A un enrejado, mas ó ménos espeso, para evitar el que otro cuerpo extraño suba con el agua, y cierre despues el conducto de los tubos, ó impida el libre juego del embolo y de las válvulas. Esta precaucion no se nota ordinariamente en las bombas de á bordo que acabamos de describir, siendo en las que mas convendria observarlo, á causa de la gran facilidad que hay en que suba con el agua durante la aspiracion alguna astilla ú otro cuerpo de los que nadan en la poza ó caxa de las bombas.

210 Aplicando á la bomba Española lo que diximos acerca del peso de la atmosfera, que hace elevar el agua en los tubos hasta los 32 pies, se ve desde luego, que la altura donde debe tener su juego el embolo A D, no es indiferente. En efecto, si el punto H del tubo, que es lo mas que baxa el embolo en la Lam. VI. fig. 53., tuviese mas de 32 pies de altura sobre la superficie del agua O L, se seguiria que como el peso de la atmosfera que gravita sobre el agua O L, solo puede elevarla en el tubo á los 32 pies, trabajando el embolo superiormente á esta altura, por mas que se repitiese su exercicio, no lograriamos extraer la menor cantidad de agua. No es suficiente que el embolo tenga su libre juego á los 32 pies de altura sobre la superficie del agua en que insiste la parte inferior del tubo B, sino mucho mas abaxo; porque de otro modo, el agua quedaria parada á una altura menor de los 32 pies, y á pesar del repetido exercicio del embolo, no se la podria elevar en lo mas mínimo.

Para convencerse prácticamente de esta suspension del agua, basta concebir que la dicha haya subido en el tubo B G hasta el punto K, elevado 16 pies sobre la superficie O L, y que H J, que es el espacio en que el embolo tiene su juego, es igual al otro espacio K H, comprehendido entre la altura K de 16 pies á que se elevó el agua, y el punto H del mayor descenso del embolo. Por el exercicio de este último, el ayre que ocupaba el espacio K H, se extiende por todo el K J, duplo del anterior; dicho ayre á causa de su dupla dilatacion,

* Por la descripcion que acabamos de dar del movimiento del embolo en la bomba Española se ve, que la fuerza de los hombres cesa de obrar todo el tiempo que el embolo emplea en descender por su propio peso, y para que los dichos empleasen continuamente sus esfuerzos, y se verificase una continua aspiracion del agua, sería conveniente disponer dos bombas Españolas una al lado de otra en los términos que lo están los dos cilindros X V, X V (Lam. VII. fig. 61.) dándoles tambien el movimiento á los dos embolos por medio de la palanca, ruedas, y cadenillas de dicha figura.

conserva solo la mitad de su resorte primitivo, y gravita sobre la columna de agua K B con la mitad de la fuerza; por consiguiente en vez de oprimir dicha columna con el peso equivalente á una de agua de 32 pies de altura, la oprime con el de una de 16. En virtud de todo lo supuesto, tenemos que el ayre comprehendido en el espacio K J, se opone á la elevacion del agua, con el peso de una columna de dicho líquido de 16 pies de altura; ademas suponemos que la columna B K tiene la altura de 16 pies: luego en el punto B se exerce verticalmente de arriba para abaxo una fuerza igual á la que haria una columna de agua de 32 pies de altura. Por otro lado el peso de la atmósfera que gravita sobre O L equivale, como hemos visto, á la misma columna de agua. Luego siendo la fuerza que hace sobre B, la columna de agua K B, ayudada de la que exerce el ayre contenido en J K, igual y diametralmente opuesta á la que efectúa la atmósfera sobre O L, se sigue que el agua no podrá pasar del punto K que supusimos á la altura de 16 pies. En infinitas otras circunstancias el agua permanecerá inmovil á cierta elevacion, cuyo punto se determinará fácilmente, siempre que se conozca el espacio del juego del embolo, y su altura sobre la superficie del agua.

211 Como en el caso de que se habla, suponemos que el resorte del ayre del espacio K H, iguala al de la parte superior del tubo que gravita sobre la válvula ó chapeleta S del embolo, tendremos que habiendo un perfecto equilibrio, entre el ayre superior é inferior á dicha válvula, esta última quedará cerrada, aun en el caso del mayor descenso del embolo hasta H, y por consiguiente será preciso buscar otro medio para evacuar el ayre de dicho espacio K H, y facilitar el ascenso del agua O L á una altura superior á la del embolo D. Para el efecto conviene mantener cerrada la válvula C del mortero, en la parte inferior B del tubo, y abriendo la válvula S del embolo, ó bien extrayéndolo de la bomba, se procura introducir agua por su parte superior hasta llenar todo el espacio del tubo B J. Hecho esto, quando de nuevo se introduce el embolo, á su primer descenso, el agua de la bomba que se halla impelida de J para H, abre la válvula S, y la cierra despues á su subida; y desde el primer instante tiene su libre exercicio la bomba, verificándose que el ayre que gravita sobre la superficie del agua O L, la mantiene elevada constantemente en el tubo B G, hasta la altura de los 32 pies, á causa de no haber en la parte superior de dicho tubo ayre alguno que contrareste el efecto del exterior.

212 Este recurso de llenar de agua la bomba que es indispensable, quando por defecto de su construccion es demasiado limitado el espacio H J, en donde tiene su juego el embolo, puede ponerse en práctica ventajosamente, aun sin la circunstancia insinuada, siempre que para servirnos de la bomba española, importe extraer el embolo ó el mortero inferior C, para renovar el cuero del embolo, ó de alguna de las válvulas; porque en un caso semejante, por precision se ha hecho ya de antemano la faena de extraer el embolo, y permaneciendo cerrada la válvula C del mortero, se puede aprovechar esta ocasion, para conseguir brevemente la evaquacion del ayre del tubo B G llenándolo de agua.

213 El recurso de que acabamos de hablar que es de absoluta necesidad en unos casos, y en otros ventajoso, ha dado sin duda motivo á la práctica ordinaria de algunos de nuestros calafates á bordo, los quales advertidos por sus maestros de la necesidad de llenar de agua el tubo en muchas ocasiones, lo ponen en práctica todas las veces que importa hacer uso de la bomba española, y acaso llegan á creer que la dicha no haria su servicio sin esta prevencion. En este último error los confirma, el que aun quando las bombas están perfectamente construidas, se necesita repetir varias veces el exercicio del embolo, para que salga por su válvula S el ayre comprehendido en el espacio B H del tubo; y cansados de ver que no sale el agua durante este tiempo, dan por imposible el efecto de la bomba, quando está ya pronto á verificarse. De esta suerte, una práctica utilisima en muchas ocasiones, mantiene el error entre las gentes que ignoran las verdaderas causas de los mismos efectos que manejan. *

214 Quando el agua se para es menester, como acabamos de ver, que haya un perfecto equilibrio entre la gravedad de la atmósfera, que oprime la superficie exterior O L, y el peso de la columna de agua B K, que procura descender, ayudada del esfuerzo que hace el ayre contenido en K J. Para saber el esfuerzo que hace el ayre de dicho espacio, haremos la siguiente proporcion: K J último espacio que ocupa, es á H K su espacio primitivo, como su fuerza elástica en su estado natural, que es igual al peso de una columna de agua de 32 pies de altura, al quarto término, el qual multiplicando por los medios, y dividiendo por el extremo conocido, resulta $\frac{HK \times 32}{KJ}$ re-

* En la práctica de echar agua en el tubo de la bomba se lleva tambien la mira de humedecer el cuero del embolo y de las válvulas, que á causa de lo que disminuye con la sequedad puede dificultar los efectos de dicha máquina.

presentando por 32 el peso de una columna de agua de dicha altura. Si ahora significamos por B K, la fuerza de la columna de agua comprehendida entre dichas letras, tendremos en $\frac{HK \times 32}{KJ} + BK$, la expresion de la fuerza con que el agua y ayre contenidos en la bomba resisten al peso de la atmósfera, que segun lo supuesto era igual á 32. Por consiguiente para que el agua no suba, deberá haber equilibrio entre ambas fuerzas, y ser $\frac{HK \times 32}{KJ} + BK = 32$, y haciendo desaparecer el quebrado, tendremos para el caso del equilibrio $HK \times 32 + BK \times KJ = 32 \times KJ$; ó bien $BK \times KJ = KJ \times 32 - HK \times 32$; ó bien $BK \times KJ = HJ \times 32$; porque $KJ - HK = HJ$.

En virtud de lo qual se vé, que para encontrar el punto K de la suspension del agua basta dividir el espacio B J de la mayor altura del embolo sobre la superficie O L, en dos partes B K, y K J, tales que el rectángulo formado por su producto iguale al que nos dé el producto de H J, que es el espacio que sirve de juego al embolo, multiplicado por 32 pies. Teniendo las cantidades insinuadas, hallaremos geometricamente dicho punto K de la suspension del agua.

215 Para esto represente A B (Lam. VI. fig. 54.) la altura de la bomba, y tomese en esta línea el espacio H J para significar el juego del embolo, expresando H B la menor altura que tiene sobre la superficie del agua, B J la mayor. Para el uso de las embarcaciones debemos transportar desde J hasta M un espacio de 32 pies, describiendo despues sobre el diámetro H M, el semicírculo M N H, y levantando desde J la perpendicular J N, tendremos en $JN^2 = HJ \times JM = HJ \times 32$, el rectángulo del juego del embolo por 32 pies. Hecho esto, para dividir, como diximos en el artículo antecedente, el espacio B J en dos segmentos ó partes B K, y K J, de suerte que el rectángulo formado sobre ellos, iguale al de $HJ \times 32$ pies, basta hacer dicho rectángulo igual al quadrado de J N. Describase para esto sobre el diámetro J B, la semicircunferencia J R *r* B, desde el punto N, baxese una paralela al diámetro J B, y de los puntos R y *r*, en donde dicha paralela corta la semicircunferencia, tirense las R K, y *r h* perpendiculares al diámetro B J; dichos puntos *h* y K serán aquellos en que el agua cesará de elevarse en la bomba. Porque en virtud de la construccion anterior tendremos en ambos, $BK \times KJ$, ó $Bh \times hJ = JN^2, = HJ \times JM = HJ \times 32$ pies. En todos los demas puntos superiores ó inferiores al espacio K *h*, debe elevar-

se el agua. Porque en uno como en S, se verificará que S $D^2 < K R^2$, ó B S × S J < H J × 32. Pero en todo el intervalo K h el agua debe descender; porque en un punto como L, L $O^2 > K R^2$, ó B L × L J > H J × 32. Quedando idénticas las demas cantidades se vé, que á medida que crece el espacio J H del juego del embolo aumenta J N, y segun aumenta esta última línea, debe disminuir el intervalo R r de las dos intersecciones con la semicircunferencia; de suerte que en el caso de ser la N r tangente, los puntos K y h formarán uno solo, reduciéndose á una las dos líneas K R, h r. Si ó bien por el extenso juego del embolo, ó por la diminuta altura B J, la N r no fuese, ni secante, ni tangente de la periferia J R r B, en tal caso se verificaria que no habria ningunos puntos K ó h de suspension para el agua, la que sin cesar se elevaria en la bomba.

De todo esto se puede inferir, que para que la bomba tenga su efecto, importa que la mitad de B J, ó el radio L O, sea menor que J N: esto es, que el quadrado de la mitad de la mayor altura del embolo sobre la superficie del agua, sea menor que el producto de H J, espacio de su juego, por 32, ó de H J por J M. Si, por exemplo, el juego H J del embolo es de 2 pies, H J × 32 será = 64, y por consiguiente importará que B J no sea de 16 pies; porque en tal caso el quadrado de 8 que es su mitad, seria 64 igual al rectángulo anterior.

216 Si el embolo descendiese hasta el punto inferior B de la bomba en la Lam. VI. fig. 53. se verificaria, tanto en virtud de la anterior construccion, como á causa de que á su subida no quedaria el menor ayre en su parte inferior, el que desde el primer ascenso del embolo sacariamos agua; pero resultarian inconvenientes en el manejo del embolo, á causa de la longitud de la barra, ó hasta A S, (Lam. VI. fig. 53.) que en tal caso deberia alargarse hasta C.

217 Todo lo dicho últimamente ha servido para determinar la altura sobre la superficie del agua O L, en que debe tener su juego el embolo en el tubo aspirante B G, para que la bomba produzca su debido efecto. La dicha altura no es indiferente, sino determinada, y muy determinada, como acabamos de ver. No sucede lo propio respecto al punto G, por donde debe evaquarse el agua elevada por el embolo ó guarnicion de la bomba como se denomina á bordo. Dicho punto importa muy poco que esté á 40, 50, ó mas pies de la superficie del agua; porque una vez que esta última abra la válvula S del embolo y se coloque sobre él, entónces el guiarla hasta G ú otro

punto superior, es ya un trabajo meramente material, que deben poner de su parte los marineros que tiran de las cuerdas pendientes de F. Del propio modo que quando se extrae agua por medio de una garrucha, el que esta se coloque mas ó ménos elevada sobre la superficie del agua, solo redunda en mayor ó menor trabajo de los agentes que deben elevar el cubo.

Hemos hecho aquí esta trivial advertencia, para que si el punto G, por donde únicamente puede darse salida al agua, se hallase elevado mas de 32 pies sobre la superficie O L, no se crea impracticable su logro por medio de estas bombas aspirantes, en las quales lo que esencialmente importa es el determinar la altura del mayor descenso H del embolo sobre el punto B; la qual altura ha de ser desde luego menor de los 32 pies.

Advertencias acerca de la construccion de los embolos y válvulas.

218 El principal inconveniente de los embolos de madera que deben estar taladrados, proviene del tamaño del agujero que los debilita quando se hace muy grande, á fin de que el agua suba sin esfuerzo, y no encuentre una superior resistencia. Importa sentar la máxîma, que quando un embolo taladrado desciende, su propio peso debe bastar para hacer subir cierta cantidad de agua del cuerpo de la bomba al traves de su agujero durante el tiempo que emplea en descender. Si el embolo con todo su aparejo pesa ménos que la columna de agua de que se trata, es menester suplir á la menor velocidad que tendrá el agua, puesto que no la rechaza un peso conveniente, agrandando el agujero del embolo por donde debe pasar. De esto se concluye que los embolos de madera no son tan cómodos como se cree, supuesto que quando las circunstancias lo exîgen, no se les puede abrir un agujero proporcionado, sin incurrir en los riesgos de debilitarlos considerablemente, y exponerlos á reiteradas composiciones. Con los de cobre se salvará este inconveniente.

219 Como el oficio del embolo es el de rarefacer el ayre inferior á su asiento, es natural el que en su construccion se procure evitar el que el ayre pueda colar entre el tubo de la bomba y perimetro del embolo. El medio de conseguir este efecto consiste en hacer que el embolo llene con toda exâctitud el tubo de la bomba; pero este ajuste aumenta su frotamiento, el qual perjudica al servicio de las bombas. Á los medios discurridos para vencer estos inconvenientes,

debemos una multitud de embolos propuestos construir en diversos tiempos. Muchos de estos decribe el Dr. Desaguillers, Musembroek, y singularmente el exâcto Mr. Belidor, en el Capítulo III. del 2.º tomo de su Arquitectura Hidraulica. Los de cobre tienen sobre todos los otros la ventaja de no ensancharse quando están mojados, ni estrecharse por la sequedad quando se les tenga reservados fuera del cuerpo de la bomba. El único cuidado que exîgen es el enxugarlos escrupulosamente despues de haber servido, con cuya única precaucion podemos estar seguros de tener unos excelentes embolos, propios para producir su efecto en todas circunstancias. *

De las Válvulas.

220 Las válvulas, ó chapeletas como llaman á bordo, unas son de cuero, al modo de las que describimos en la Lam. VI. fig. 52. al principio de este capítulo. Las dichas tienen el inconveniente de podrirse con el tiempo, y exîgen prolixas composiciones, á causa de la necesidad á que obligan por lo ordinario de desarmar las bombas; bien que este último inconveniente se halla evitado en la bomba española del uso de á bordo, como vimos en el art. 208., por medio del cilindro postizo ó mortero C (Lam. VI. fig. 53.) segun lo llaman los marineros.

221 Se construyen otras válvulas de igual figura que las anteriores, con la diferencia del material que suele ser de cobre muy delgado, las quales se mueven sobre gonces de pequeñas visagras. Esta clase de válvulas tiene tambien inconvenientes; el verdin que se cria entre los gonces las inutiliza en breve, y lo propio debe temerse de otras semejantes á las descriptas.

222 Otras válvulas hay que se reducen á una sola bala de plomo; esta bala colocada sobre el agujero que debe cerrar, lo cierra con una exâctitud suficiente para impedir la precipitacion del agua superior, y al mismo tiempo se mantiene pronta para ceder al impulso del agua que debe elevarla. Estas válvulas sencillas que excusan toda composicion, necesitan un moderador que no las permita elevarse sobremanera, dando lugar á la caída de la misma agua que las suspendió.

* Para evitar la adherencia del cobre á las paredes de los tubos y su extraordinario roce, en caso que venga muy ajustado el embolo, siempre convendrá hacer el diámetro de este último algo menor que el del tubo, y revestir su superficie de cuero, cuya suavidad no perjudicará al tubo de la bomba.

223 Se hacen otras válvulas donde se evita este último inconveniente. Sea A (Lam. VII. fig. 55.) una plancha de metal que se adapte perfectamente al agujero. Esta plancha A está unida á una especie de estilo C, que tiene libre juego sobre *a b*. Este exe *a b* sirve para dirigir la válvula en su movimiento impidiéndole el desviarse de su situacion debida. Semejantes válvulas admiten un notable inconveniente; porque ó bien la plancha A se amolda perfectamente al agujero ó no. En este último caso dará lugar á la escapada del agua; en el primero debemos temer el que contraiga mucha adhesion con los bordes del agujero sobre que insiste, y que de resultas de esta adherencia no pueda el agua suspenderla. Este inconveniente lo experimentó el célebre Mr. Amontons en una bomba de su propia construccion.

Como nota bien Mr. Belidor, se debe atribuir la adhesion de estas válvulas á las bases sobre que insisten, al agua que las baña. Las partículas de agua que penetran los poros de la válvula, al sentar esta, penetran á la vez en los poros de su base; y así esta multiplicidad de diminutas gotas de agua sujetan la válvula á su asiento, como otros tantos pequeños garfios. La lisura de ambas superficies contribuye tambien á lo propio, excluyendo casi en un todo el ayre en la union de los dos cuerpos.

224 Diximos que las válvulas esféricas necesitaban un moderador, para que por su poco peso no se elevasen demasiado en el tubo al impulso del agua, y tardasen en ocupar su sitio al tiempo necesario. Si la ligereza es perjudicial en esta especie de válvulas, no lo es ménos su demasiado peso. Porque en tal caso la potencia que eleva el agua y levanta la válvula no podrá tal vez efectuarlo. Por consiguiente importa arreglar el peso específico de la válvula con la velocidad del embolo, á fin de que aquella no se aparte de su sitio mas tiempo que el necesario para dar paso al agua.

De las bombas de cadena.

225 Es comun á bordo y en otras partes el uso de una bomba, como la de la Lam. VII. fig. 56., que llaman de rosario ó cadena. Componese de un tubo ó cilindro vaciado A C (Lam. VII. fig. 56.) que nos representa estas máquinas vistas de frente, y de una cadena A D *q* A (Lam. VII. fig. 57.), que nos las figura vistas lateralmente. De trecho en trecho de esta cadena se distribuyen los pequeños embolos ó platillos V1, V2, V3, V4 (Lam. VII. fig. 56.); los círculos

mayores de dichos platillos, cuyos diámetros igualan al del tubo son de suela, y se hallan encerrados entre dos planchuelas de hierro ó de otro qualquiera metal, representadas por el círculo interior mas pequeño. M N manifiesta un molinete ó tambor que gira sobre su exe en virtud de las fuerzas aplicadas en las cigüeñas ó cigüeñales G y G. Q, Q, Q, indican unos ganchos fixos en la medianía del molinete, los quales van suspendiendo sucesivamente la cadena, y se descargan de ella abandonándola á su gravedad. Dichos ganchos están distribuidos en el molinete, guardando entre sí una distancia tal, que les proporcione siempre el enganchar ó hacer presa de la cadena por una de las planchuelas que encierran el platillo, á fin de que la cadena no se corra y ocasione contínuas lascadas y sacudidas.

226 El platillo V4, que estuvo en el lugar que el V1, pasó frotando contra las paredes del tubo, y haciendo el efecto de un embolo, purgó de ayre todo el espacio intermedio entre él y el 3.° El agua, cuya superficie suponemos en A D, se elevó en virtud del peso del ayre exterior y llenó el espacio comprehendido entre el platillo 4 y 3: este último rozando tambien las paredes del tubo, obligó á que el agua llenase el espacio comprehendido entre él y el 2.° El propio efecto causó este último, y así en adelante; de suerte que todo el espacio del tubo desde la superficie del agua A D, hasta la altura B C por donde suponemos que se descarga, se halla lleno de agua mediante el sucesivo tránsito de los platillos.

227 De la anterior descripcion de estas bombas debemos concluir lo primero, que los platillos V1, V2, &c. deben ajustar perfectamente contra el cilindro A C, á fin de que puedan purificar bien de ayre el espacio del tubo que media entre platillo y platillo, dando con esto lugar á que el agua lo ocupe y no quede despues intermedio entre el platillo y el tubo, por donde pueda precipitarse. La suela es una de las materias mas á propósito para el efecto, porque su tal qual flexìbilidad permite hacer los círculos V, V perfectamente ajustados, ó un tanto mayores que el del tubo; pues al entrar en este se doblan y adaptan á su figura, sirviendo esto mismo para cerrar mejor todo ingreso al ayre y toda evaquacion al agua. La misma flexìbilidad sirve para que el roce no sea tan extraordinario ni destruya las paredes del tubo, lo qual tendria lugar sirviéndonos de otros cuerpos mas rígidos; y aunque en nuestra práctica los platillos son aquellos que mas se destruyen con el roce, es cabalmente lo que conviene; pues las emiendas y composiciones de estos, siempre de-

ben ser ménos costosas que las que podrian resultarnos en el tubo.

228 De todos modos es preciso convenir en que el roce de los platillos á lo largo del tubo A C, ha de ocasionar un fuerte estorbo á las potencias aplicadas en los cigüeñales G y G, que deben vencerlo. Esta reflexîon conduce á disminuir, en quanto sea dable, el número de platillos; porque es claro que si en el tubo A C solo hubiera 2, en lugar de 4, el fuerte estorbo del roce sería sobremanera menor. Supuesto que podemos saber por experiencia la altura á que puede elevarse el agua desahogadamente en estas bombas, convendrá arreglar á esta altura el intermedio de los platillos, y no cargarlas de un número de estos excesivo, inutil y perjudicial, como acabamos de ver.

Á pesar de estas reflexîones, es menester que contemos con que siempre es indispensable la espesa distribucion de unas planchuelas ó estorbos qualesquiera, en donde hagan presa los ganchos Q, Q, que sucesivamente se presentan con el giro del molinete, á fin de que la cadena no se corra, y ocasione continuas lascadas y sacudidas en perjuicio de la gente y brevedad de la faena. Pero este fin lo podemos conseguir sin el inconveniente del roce, con omitir la colocacion del círculo de cuero entre las planchuelas de hierro que solo sirven para evitar las lascadas, y no deben hacer el servicio de los completos embolos ó platillos.

229 Por poco que reflexîonemos acerca de lo establecido en los varios artículos del capítulo del roce, concluiremos la necesidad de adaptar un segundo molinete Q (Lam. VII. fig. 57 en la parte inferior del tubo, para disminuir los estorbos que el frotamiento de la cadena y platillos ocasionaria en el servicio de la máquina. Debemos advertir que segun lo dicho (art. 136.) acerca de las ventajas que nos procura para disminuir el roce, lo diminuto del radio del exe y lo mayor del radio del molinete, deberiamos aumentar el cilindro de los molinetes que ordinariamente se colocan en la parte inferior de estas bombas. Sin embargo, como dichos molinetes deben quedar elevados sobre el suelo ó cubierta del sitio donde gravita el agua, puede suceder que su tamaño perjudique á la precision de agotarla, ó dexar estanco el lugar que se pretende. Pero este reparo, justo á la verdad, quando se lleve el objeto de la mas completa evacuacion del agua con semejantes bombas, no parece que debe tener lugar á bordo en donde podemos conseguir el acabar de agotarla, por medio de las bombas Españolas que no admiten limitacion en esta parte.

230 La colocacion del molinete Q, tan necesaria en el uso de semejantes bombas, da lugar á que extendamos nuestras reflexîones acerca de los perjuicios dimanados de la longitud y enlace de los eslabones que forman las cadenas. La advertencia que vamos á hacer tendrá su entera fuerza, siempre que lo largo de la cadena A D *q* A (Lam. VII. fig. 57.), no exceda en mucho la distancia entre los dos molinetes Q y O; pero quando la longitud de la cadena supere dicha distancia, de suerte que la cadena quede floxa, entónces no suelen verificarse los inconvenientes que vamos á insinuar, y para este último caso puede reputarse como de mera curiosidad la doctrina de los siguientes párrafos. No obstante, como en las varias circunstancias de la navegacion puede ocurrir el tener incompletos los utensilios de las máquinas, podemos vernos en la precision de usar de una cadena mas corta que la primitiva, ó de formarla con pedazos de otras; en cuyas necesidades interesa la advertencia, que resulta superflua, quando se tienen todos los recursos.

Represente A C (Lam. VII. fig. 57.) la posicion vertical de dos eslabones de una cadena. Es claro que á causa de confundirse en una misma vertical los exes de ambos eslabones, la direccion de la fuerza del eslabon B A, solo se empleará en mantener tirantes y verticales los eslabones sucesivos. Si el ángulo N M F (Lam. VII. fig. 58.) que forman los exes de dos eslabones quando son tangentes al molinete es obtuso, podemos descomponer la fuerza del eslabon M F, en la M *h*, y M *l*; la primera perpendicular al exe N M del eslabon próxîmo; y la segunda paralela á dicho exe, y que obra en el punto de su union M, de M para *l*. En virtud de una y otra fuerza se ve en el caso de dicho ángulo obtuso, que la union de ambos eslabones debe subsistir en el punto M, y quando sucesivamente ocupen los lugares N R, y M N, colocándose verticalmente, subsistirá el punto de su union en el mismo extremo N del exe. Lo propio se verifica si el ángulo M F O de los exes de ambos eslabones al punto del contacto es recto; porque en semejante circunstancia, la fuerza F O, como á perpendicular á M F, no puede descomponerse en dos respecto á este último, y el punto F de la union de ambos eslabones debe permanecer invariable, no hallándose solicitado ni para alejarse segun la F C, ni para resbalar y correrse en el otro eslabon segun F z. De aquí resulta que tanto en el caso del ángulo obtuso, como en el del recto, los eslabones de una cadena no ocasionarán la menor lascada ó sacudida en su tránsito de una posicion vertical á otra.

Muy al contrario sucede, si quando el exe E D (Lam. VII. fig. 57.) de un eslabon es tangente al molinete, forma un ángulo agudo E D C con el sucesivo. En semejante circunstancia, la fuerza del exe D C como obliqua al E D, se descompone en la D *p*, y D *s*; la primera perpendicular, y la segunda paralela á D E, y que obra de D para *s* contribuyendo á que el punto primitivo D de la union de ambos eslabones corra á lo largo del eslabon D E, y se tra nsfiera á un punto como *s*. De aquí dimana, que á medida que va abriendo el ángulo en D de la union de ambos eslabones, hasta el punto en que ambos exes queden otra vez verticales ó formen un ángulo de 180°, la fuerza D *s* obra como en el caso del ángulo obtuso de *s* para D, y entónces el eslabon D C, que ocupa el lugar D E, resbala en E *q*, desde *t* hasta E, ocasionando una violenta lascada; y como este movimiento de retroceso es continuado en el sucesivo tránsito de los eslabones debe causar, como se experimenta, una notable pérdida de fuerza, y un retardo de conseqüencia en la faena.

Por poco que reflexîonemos acerca de todo lo dicho en la Lam. VII. fig. 57. 58., veremos que el perjuicio mencionado, procedido de la menor abertura del ángulo de ambos eslabones en ocasion de ser tangentes á los molinetes Q y Q, debe tener una inmediata dependencia de los diámetros de los molinetes, y de la longitud de los eslabones de la cadena. Pero dexando á parte el establecimiento de la razon en que debe estar la longitud de los eslabones con los radios de los molinetes, indicaremos un medio que nos parece oportuno, para vencer en parte, el inconveniente de que hemos hablado hasta aquí.

Si en lugar de los mencionados eslabones, usasemos de una especie de planchuelas, chapetas ó pequeñas visagras como las de la Lam. VII. fig. 59. * que tuviesen un libre juego por medio de gonces en sus uniones C B, E D, &c. evitariamos en esta parte el inconveniente de que se trata. La experiencia debe decidir acerca de la adopcion de tales visagras, y asimismo presentarnos los obstáculos que puede ocasionar su uso, los quales es dificil prevenir de antemano sin la inmediata inspeccion de los efectos de semejantes modelos.

* En dicha figura la parte representada por las letras mayúsculas nos manifiesta la vista de frente de dichas chapetas, y la indicada con letras minúsculas su vista lateral.

De otras bombas que se usan en los buques para su limpieza, y para el caso de un incendio.

231 Hasta aquí hemos hablado de las bombas cuyo modo de obrar se explica sencillamente por medio del peso del ayre, ahora trataremos de otras cuyos efectos tienen lugar mediante las dos propiedades de dicho elemento: á saber, su peso y elasticidad, que es aquella fuerza con que este fluido procura dilatarse siempre que se le comprime, impeliendo las paredes de un tubo, ú otro qualquiera receptáculo donde se le ha comprimido. El uso de las bombas que vamos á describir es tan útil á bordo, y su modo de obrar tan curioso, que desde luego debe merecer la atencion de nuestros lectores la materia de los artículos siguientes.

Represente A B (Lam. VII. fig. 60.) un cilindro qualquiera de bronce, que por su parte inferior A descansa en un receptáculo de agua, ó bien llega hasta el mar por medio de una manguera ú otro tubo absorvente que se le adapta. Sea A una válvula ó chapeleta que se abre y cierra mediante el ascenso y descenso del embolo G, que se mueve por la palanca ó cigüeña D H. Sea C E un tubo que comunica con el recipiente E M F de cobre ú otro qualquiera metal, el qual conviene que tenga, para su mayor resistencia, una figura cilíndrica ó cónica; en el interior de dicho recipiente ó cono hay soldado en P, á corta elevacion, un pequeño tubo P L, pero con la particularidad de que esté tambien soldado todo el perimetro del agujero de la parte superior M, por donde se le abre paso, en términos que quando el agua llegue en el recipiente á la altura 1 2, no pueda salir la menor cantidad de ayre por el casquete N M O. En E hay tambien una válvula, y el embolo G es sólido, y no tiene válvula alguna.

232 Supuesta la anterior descripcion, el agua se eleva en el cuerpo de la bomba A B, mediante el exercicio del embolo, y quando llega á la altura *r s*, gravitando sobre la válvula A, se introduce por el tubo comunicante C E, y sucede que al baxar el embolo impele el agua hácia abaxo, y no pudiendo descender por razon de insistir sobre la válvula A, ni ascender á causa de ser el embolo sólido, hace fuerza por el tubo comunicante C E, y abriendo la válvula E, va llenando el recipiente. Al principio el ayre del recipiente se evacua por el tubo P L; pero luego que el agua llega á la altura 1 2, y tapa la boca del pequeño tubo P L, el ayre del recipiente queda sin salida;

y á proporcion que el agua va llegando á las alturas 3 4, 5 6, 7 8, el ayre que ántes ocupaba todo el espacio comprehendido entre 1 2 y 9, queda reducido al lugar 7 8 9. Comprimido el ayre en los términos que acabamos de ver, pone en obra su fuerza elástica, y procurando dilatarse en todos sentidos, hace un violento esfuerzo contra la superficie del agua 7 8. Impelida el agua por una fuerza tan extraordinaria, impele las paredes del recipiente, y contribuyendo á mantener cerrada la válvula E, toma la única salida que le resta por el tubo P L, que á causa del oficio que hace, lo podemos llamar con propiedad, tubo expelente. La elevacion á que llegará el agua por dicho tubo, depende de la compresion dada al ayre en el recipiente, y así es ilimitada; pudiéndose elevar, si se quiere, hasta las cofas del navio.

233 Siempre que á causa del mayor diámetro del embolo G, se verifique que entra por la válvula E mas agua de la que sale por el tubo P L, sucederá que el agua permanecerá á igual altura en el recipiente, y el efecto de esta bomba será continuo al modo de una fuente. Si suponemos el recipiente lleno hasta 7 8, tendremos que aunque se dexe de dar á la bomba, el agua continuará en salir hasta que baxe al nivel de la boca P del tubo expelente, y en semejante caso gozaremos del espectáculo de un surtidor de agua que, al parecer contra todas las leyes de la Hidrostática, se eleva desde el nivel del mar, hasta las cubiertas superiores de una embarcacion.

234 Una bomba de esta clase colocada á proa, ó en otro qualquier parage, puede ser de suma utilidad á bordo para la limpieza del buque, y para el caso de un incendio. * Me han dicho que el navio San Francisco de Paula lleva colocada en su proa una bomba de esta especie, con la diferencia de que el tubo absorvente ó cuerpo de la bomba A B, que aquí manifestamos separado del recipiente E M, se halla encerrado con el mismo por medio de un cilindro de cobre que los abraza á ambos. Con motivo de estar navegando dicho navio, no me ha sido dable exâminar la tal bomba, de la qual no queda modelo en el obrador de bombas de Cartagena que es donde se ha trabajado; sin embargo, constando que obra por el resorte del ayre y por un solo embolo, se ve que no puede diferenciarse substancialmente de la que acabamos de describir, la qual es la misma de que hace mencion Mr. Belidor en el art. 1088. del libro tercero del

* Para ambos casos véase lo que se previene en el art. 241. para su uso.

segundo tomo de su Archîtectura Hidráulica, y nos define Mr. Perault en la pag. 318. de su Comentario de Vitruvio.

Descripcion de la bomba de incendio portatil del uso de á bordo.

235 La bomba que acabamos de describir, puede servir de preliminar para la descripcion de las que de muchos años á esta parte usamos á bordo, con el nombre de bombas de apagar incendios. La que hemos insinuado que lleva el navio San Francisco de Paula en su proa, se ha construido por el conocimiento práctico que ha subministrado á su artista esta segunda, la qual solo se diferencia esencialmente de la primera que hemos descripto, en que tiene otro tubo absorvente mas, y por consiguiente se verifica de continuo el exercicio de dos embolos, uno de los quales se eleva y aspira el agua en su cilindro, miéntras que el otro desciende y la impele en el cilindro opuesto.

236 La Lam. VII. fig. 61. nos representa una de estas bombas vista de frente, por medio de las secciones verticales hechas á lo largo de las líneas 3 6, *u u* en la Lam. VIII. fig. 64.

237 La Lam. VIII. fig. 63. expresa la base ó parte inferior de dicha bomba por medio de una seccion horizontal hecha á lo largo de la recta A B en la Lam. VII. fig. 61., á cuyo agujero C corresponde el tubo C D de la Lam. VIII. fig. 63., el qual puede tomar el agua del mar por su parte D enroscándole otro tubo, ó bien una manguera de cuero revestida interiormente de varios pequeños zunchos ó anillos de cobre que la mantengan hueca. El mismo tubo ó cilindro C D presenta otra boca enfrente de G por donde puede recibir el agua del caxon donde suponemos colocada la bomba, abriendo ó cerrando la llave ó grifo G, el qual mediante el giro que se le da abre ó cierra la comunicacion con el caxon ó con el mar. Sobre los círculos 0, 1, 2, 3, 4; 5, 6, 7, 8, 9, se colocan horizontalmente unas válvulas de cuero V, V.

238 La Lam. VIII. fig. 64. manifiesta una seccion horizontal hecha á lo largo de la recta E H en la Lam. VII. fig. 61., cuya parte *u u* corresponde á la *u u* de la Lam. VIII. fig. 64. Toda la representacion de esta última figura se coloca sobre la 63 adaptándole las partes representadas por unos mismos números, que pueden significarnos otros tantos tornillos verticales con que se sujetan. La parte *u u* queda al ayre, y sobre ella se colocan dos válvulas hechas á lo largo de una misma pieza de cuero, y son las mismas que corresponden al

extremo de los dos tubos comunicantes. S *u*, S *u* en la Lam. VII. fig. 61., cuyos tubos se representan con las mismas letras en la Lam. VIII. fig. 64.

239 La fig. 65. L T de la Lam. VIII. se sobrepone por medio de tornillos á la *u u* en la 64, y representa una seccion horizontal hecha á lo largo de la recta L T en la Lam. VII. fig. 61.

240 La Lam. VIII. fig. 62. representa el perfil que pasa por las rectas *a b*, *b c*, *c d*, *d* M en la Lam. VIII. fig. 64., y por consiguiente nos manifiesta cortados por su mediania el recipiente ó tubo cónico de la Lam. VII. fig. 61., y uno de los laterales. El grifo ó llave G de la Lam. VIII. fig. 62. corresponde al lugar G de la 63, y las válvulas y demas partes están representadas por unas mismas letras en todas las figuras á quienes corresponden. La palanca ó balancin R Z es el que se representa con las mismas letras en la Lam. VII. fig. 61.; pero como la Lam. VIII. fig. 62. nos manifiesta la vista lateral de dicha bomba ó su proyeccion en un plano perpendicular á su frente mirándola por el costado que queda á la derecha en la Lam. VII. fig. 61., esto es, por la parte B H, resulta que dicho balancin R Z, se representa mas corto en la Lam. VIII. fig. 62. conforme á las leyes de la perspectiva, y conseqüentemente á las mismas se manifiesta toda la terminacion R O Q de la parte del balancin próxîma al observador, y se oculta en la otra Z O Q, todo lo que corresponde á los diámetros del otro tubo lateral y del recipiente. Las terminaciones R O Q, Z O Q, de que acabamos de hablar, sirven para que acomoden sus manos dos ó tres hombres á lo largo de cada uno de los atravesaños O Q, O Q.

241 Quando se quiere hacer uso de esta bomba, se enrosca en el extremo del tubo expelente C D (Lam. VII. y VIII. fig. 61. y 62.) otro tubo de bronce C D G B A (Lam. VIII. fig. 66.), el qual para dirigir el agua hácia la derecha ó izquierda, gira horizontalmente en todos sentidos sobre la rosca F, y para guiarla con alguna inclinacion respecto á la vertical, gira sobre la otra E. Quando interesa guiar el agua por tortuosidades, haciendo que vaya á dar en un parage que no puede descubrirse del sitio donde se coloca la bomba, se hace uso de la manguera de cuero C D P A B (Lam. VIII. fig. 67.), á la qual, mediante su flexîbilidad, se le dan las vueltas y revueltas convenientes. La invencion de las mangueras de cuero completa el uso que podemos hacer de semejantes bombas, verificándose que no hay en la embarcacion sitio alguno tan oculto adonde no se pueda

conducir un caño de agua por medio de estas bombas portatiles, ó por las que, al exemplo de la del navio San Francisco de Paula, se pueden fixar en la proa ú otras partes de los buques *

242 Para manifestar á nuestros lectores todas las perfecciones que se notan en la construccion de estas bombas, conviene que fixemos la vista en la Lam. VII. fig. 61. en el modo de dar movimiento á los embolos. Las dos cadenillas $f\ p$, $q\ g$, cuyos eslabones son unas chapetas sujetas una á otra por un pequeño perno, están dispuestas del modo que indica la figura, de suerte que una de ellas está hecha firme por el un extremo en el codillo superior f del hasta del embolo, y por el otro en el punto p del perimetro de la rueda, al paso que la otra $q\ g$, se afirma en el codillo inferior q, y en la terminacion g del arco de la rueda. De forma que quando una de dichas cadenillas se adapta perfectamente á la circunferencia de la rueda, como la $f\ p$ en la parte izquierda, queda enteramente vertical y recta la otra $q\ g$. Lo contrario se ve que sucede en la rueda de la derecha; porque quando esta rueda sube, la otra baxa. Por esta ingeniosa invencion se verifica que los embolos, que reciben el movimiento mediante dichas cadenillas, se hallan siempre tirados perpendicularmente, á causa de ser las cadenillas tangentes constantemente al perimetro de las ruedas; y tenemos en este movimiento vertical de los embolos las mismas ventajas que respecto al horizontal insinuamos en el art. 198., hablando del laboreo y modo de obrar de los guardines del timon, en la Lam. VI. fig. 48.

243 En quanto al modo con que producen sus efectos estas bombas, basta considerar la Lam. VII. fig. 61, donde se ve que mediante el movimiento dado á la palanca R Z, quando un embolo aspira el agua en el un tubo absorvente, la impele el otro embolo en el tubo opuesto; y así quando está cerrada la válvula u del tubo comunicante S u de la parte derecha, está abierta la del tubo de la izquierda, y se verifica un continuo ingreso de agua en el recipiente, la qual remplaza la que sale por el pequeño tubo expelente P M C D. No sucede lo mismo en la bomba de la Lam. VII. fig. 60. donde no se verifica ingreso de agua en el recipiente durante la aspiracion del embolo G, y así importa suplir por su mayor tamaño esta falta de continuidad.

* La necesidad de estas bombas para dirigir el agua á los sitios de un buque, superiores á su línea de flotacion, nos presenta el servicio que podriamos sacar de unas llaves bien dispuestas, baxo dicha línea, las quales permitiesen el libre ingreso del agua del mar en el sollado y bodega para su limpieza, para rellenar la pipería con agua salada, ó para quando se ofreciese anegar el pañol de la pólvora ú otro qualquiera parage de dichas cubiertas inferiores, en el caso de un incendio.

244 En la descripcion dada de estas bombas hemos llevado el cuidado de indicar por partes la colocacion y ajuste de sus piezas, á fin de que qualquiera pueda desarmarlas, y remediar todo impedimento ocurrido interiormente. Como el todo de estas bombas ocupa corto espacio, y á proporcion son mas diminutos los cilindros y las válvulas, es interesante el que no suba con el agua alguna broza que con facilidad suspenda su exercicio. Con este objeto se coloca en el caxon delante de las bombas, una tabla corrediza ó compuerta, que consta de varios agujeros, como el rallo, al traves de los quales llega el agua mas pura á dichas bombas; por el mismo estilo que se verifica en la Lam. VI. fig. 51. al traves del enrejado A A.

245 Si se tapa la boca superior del pequeño tubo de expulsion, y se dá á estas bombas por mucho tiempo, sucede que no saliendo agua alguna y verificándose un contínuo ingreso de ella en el recipiente, el ayre que ántes ocupaba todo el espacio desde L T á M (Lam. VII. fig. 61.) se halla reducido mas y mas de momento en momento, y si de repente se abre la boca superior del tubo expelente, el agua se elevará al principio á una altura extraordinaria. Sin embargo como todo tiene su límite, podria suceder que mantuviésemos tapada la boca de expulsion por tanto tiempo, y diésemos á la bomba con tal fuerza, que el ayre reducido á cortísimo recinto hiciese rebentar el recipiente. Este accidente se ha verificado en unas bombas de esta misma especie, en las quales se quiso experimentar el mayor ascenso del agua. Lo dicho se hará ménos extraño, si se atiende á que el recipiente es de cobre de muy poco espesor, y sucederia con mas freqüencia, á no ser por la figura cilíndrica ó cónica que se le dá al recipiente, lo qual aumenta su resistencia en lo posible.

CAPÍTULO XI.

Del gato.

246 La Lam. IX. fig. 68. nos representa la máquina del gato, con las dos vistas que contribuyen á su completa inteligencia; á saber, la de frente y la lateral. En el espesor del quadrilongo de madera A B C D, que nos representa el gato visto de frente, se abre en el sentido de su longitud una especie de mortaja, á lo largo de la qual, como por unas anguilas, puede subir y baxar la barra de hierro dentada M N, que ocupa el hueco formado por dicha mortaja. En L hay un piñon ó pequeña linterna, que consta de 4, 6, ú 8 dientes,

los quales endentan en los de la rueda grande, la qual lleva en su centro otro piñon V, cuyos dientes son los que endentan en los de la barra dentada M N, como indica la figura. El extremo del exe del piñon opuesto á L, se indica con la letra C, y C G nos representa la longitud de la palanca ó cigüeña, que se afirma al extremo C del exe del primer piñon L C, como se nota en la vista lateral de la misma máquina. En el uso ordinario de la dicha, el peso descansa sobre el remate M de la barra de hierro, y un hombre aplicando su mano ó manos en el mango G H de la cigüeña, hace girar con ella el primer piñon L, cuyos dientes mueven la rueda grande, y los dientes del piñon V concéntrico á esta última, elevan la barra dentada N M y con ella el peso que insiste sobre el extremo superior M, ó sobre las uñas á lo largo de N O en la parte inferior, en las circunstancias que luego advertiremos.

247 En conseqüencia, para establecer la relacion entre la potencia y peso en dicha máquina, debemos considerar 1.º que si el peso insistiese sobre los dientes del perimetro del primer piñon L en n, tendriamos su relacion con la potencia aplicada al extremo G de la cigüeña, diciendo P: Q:: r: R. Esto es, la potencia es al peso, como el radio del piñon al de la cigüeña. Por lo tanto, si el radio C G de la cigüeña fuese seis veces mayor que el del primer piñon L, una potencia $= 1$, se equilibraria con un peso $= 6$ que insistiese en n. Consideremos ahora lo que realmente sucede: esto es, que el peso descansa sobre los dientes del perimetro del piñon V en f, y que una potencia $= 6$ obra en el punto n de los dientes de la rueda grande: tendremos 6 : Q:: r: R. Esto es, la potencia 6 al peso, como el radio del piñon V, al radio de la rueda concéntrica; y si el radio R de dicha rueda es quatro veces mayor que el radio r de su piñon concéntrico V, resultará la potencia $= 24$. Por consiguiente una potencia de una libra aplicada en el extremo G de la cigüeña, se equilibra con un peso de 24 libras que insista sobre el punto M de la barra, en el gato de nuestro exemplo. Si hubiese mas número de ruedas y piñones, seria siempre la potencia al peso, como el producto de los radios de los piñones, al producto de los radios de las ruedas grandes, entre las quales se sobreentiende la rueda correspondiente al radio de la palanca ó cigüeña que hace el mismo oficio de las demas, aunque no sea una rueda material; y esto nos presta la facilidad de aumentar los efectos de nuestras fuerzas en esta máquina y otras semejantes, con solo aumentar la longitud de la cigüeña C G. La figura de las

ruedas y piñones del uso de esta máquina, nos sugiere un medio mas expedíto para determinar la relacion entre el peso y la potencia: en efecto los radios están como los perimetros de sus círculos, y el número de dientes de las ruedas ó linternas, equivale á sus circunferencias; por consiguiente bastará dividir el número de dientes de cada rueda grande por el número de dientes de cada piñon ó linterna, y multiplicar dichos cocientes entre sí. Como en el número de estos cocientes debe entrar el que resulte de la division de los dientes del primer piñon, por el número de dientes correspondiente á la rueda descripta por la cigüeña, y la dicha rueda no exîste, se sigue que dicho cociente deberá establecerse midiendo materialmente el radio del primer piñon y la longitud de la cigüeña. En todos los demas bastará contar el número de dientes de las ruedas y piñones, cuya práctica no dexa de ser de utilidad; porque es mas fácil contar el número de dientes de los piñones y ruedas, que no deducir sus perimetros y radios con exâctitud.

248 El uso de esta máquina para la elevacion vertical de los pesos, se reduce á sentar su base C D en el suelo ó cubierta, y á colocar el peso sobre la parte superior M de la barra dentada N M, dando despues vueltas á la cigüeña, se eleva la barra y con ella el peso que insiste en M. Por consiguiente, el gato será de un servicio general para suspender verticalmente todo peso, siempre que insistiendo en el suelo su base C D, toque por su parte superior M en la parte inferior del peso. Para extender su uso á pesos ménos elevados, se hace uso de las uñas que tiene en N, sobre cuya extension N O, que se manifiesta en la vista lateral, se sujeta el peso baxo, y se eleva mediante la elevacion de la barra, que permite elevar las uñas hasta cerca del punto L. Si el peso está á una altura adonde no alcanza toda la longitud que puede darsele al gato, se coloca su base C D sobre almohadones, ó sobre un rimero de tablas ó tarugos de madera, mediante cuya interposicion toque su parte superior M con la inferior del peso que se quiere suspender. Por este medio en un caso necesario un gato, propio solo por su longitud para suspender por el cuello del cascabel un cañon de qualquiera de las baterias, puede servir para la suspension de las cubiertas en la circunstancia de quitar sus puntales. Igualmente podemos valernos del gato para ayudar á suspender una cabria cuya tixera, ó cruz de los dos bordones que la forman, descansa en la toldilla, y sus cozes en las amuradas de babor y estribor del castillo: para prolongar por algun mas tiempo

el uso del gato en esta maniobra, se pueden ir interponiendo varios tarugos de madera entre la toldilla y basa C D de dicha máquina, haciendo que la parte superior M de la barra dentada siga tocando en la tixera de la cabria ó en el remate de sus bordones, á pesar de las nuevas elevaciones que adquieren los dichos sobre la cubierta de la toldilla.

249 Del mismo modo que nos valemos del gato dispuesto verticalmente para suspender los pesos, podemos aplicarlo para su separacion en el sentido horizontal: para esto basta interponer el gato horizontalmente, entre un obstáculo invencible y el cuerpo que se pretende desviar, y dando despues vueltas á su cigüeña, se alargará su barra dentada N M, y su extremo M alexará el peso, á causa que estrivando la parte C D contra la amurada ú otro obstáculo invencible, encuentra siempre una reaccion constante. Quando la longitud del gato no llene la distancia entre el peso y el punto de apoyo, se acorta este espacio por medio de la interposicion de otros qualesquiera cuerpos, como se ha dicho hablando de su uso en el sentido vertical.

250 El gato suele tener á bordo su principal uso para la suspension de los cañones, en las varias faenas que ocurren en el manejo de la artillería; y por lo tanto esta máquina está al cargo del Condestable del buque: conseqüentemente á esto, es muy del caso que manifestemos el modo de servirnos de dicho instrumento en algunas circunstancias que tengan relacion con este primer objeto de su exercicio. Supongamos que á causa de haberse estropeado la cureña de un cañon de á 24 en el entrepuentes, interese substituir otra, cuya faena se explica con la expresion, relevar una cureña. Para el efecto se saca el cañon de bateria, y dándole su trinca de joya, que sirve para tener la culata sentada sobre la solera y la joya en el batiporte ó canto alto de la porta, se presenta un aparejo suficiente en el cancamo de ojo que á este fin tienen los baos del entrepuentes, y que corresponde sobre la culata, y pasando una salbachia por el cascabel, se introduce entre este y la cubierta el gato de la Lam. IX. fig. 68., por cuyo medio dando vueltas á su cigüeña C G, se suspende el cañon de culata, y á proporcion se vá cobrando del aparejo: si hubiese cabezadas en el buque, desde el cascabel del cañon se dan dos cabos ó vientos á los cancamos de las portas inmediatas, y con esto se practica la faena con toda seguridad. Suspendido ya el cañon en términos de quedar sus muñones zafos de las muñoneras, sujeto por

los aparejos dados á uno y otro extremo, y libre de la cureña, se saca esta, y se introduce otra en su lugar. La práctica de que acabamos de hablar, es mas segura y general que otras de que suele hacerse uso á bordo, y el emplear las dos tinas de combate puestas boca abaxo á uno y otro lado de la lámpara, con una ó dos barras de cabrestante apoyadas sobre sus fondos para que la culata del cañon descanse sobre dichas barras, solo debe practicarse en el caso que el buque no tenga en los baos del entrepuentes los cancamos de ojo para la colocacion del aparejo que debe tener suspendida la culata del cañon.

Para mudar las ruedas de una cureña, ó dar sebo á los pezones, podemos tambien valernos del gato, suspendiendo la cureña por medio de dicha máquina, quando por el extraordinario calibre de la artillería sea dificil efectuarlo, aun en el caso de valernos de una barra de cabrestante empleándola como palanca por el estilo de la Lam. II. figura 12.

251 Para que en el exercicio del gato se pueda suspender la faena sin el menor riesgo de que se corra dicha máquina, es muy útil el uso de una aldaba de gancho que girando libremente, puede enganchar la cigüeña en qualquiera estado, y hace el mismo servicio que los linguetes en el cabrestante.

252 Si la fuerza se exerciese perfectamente sobre el gato á lo largo de la línea vertical M N, bastaria sentar su basa en la cubierta, y sin mas cuidado, se podria proceder á su exercicio; sin embargo debemos considerar que en los varios usos de esta máquina, se verifican algunas descomposiciones de la fuerza que emplea para la suspension de los pesos, y en semejante caso, toda fuerza horizontal ó perpendicular á la situacion vertical que le damos al gato, contribuiria á derribarlo, á causa de no haber proporcionado á esta máquina el menor apoyo en dicho sentido. Para este efecto, de la basa ó parte inferior C D del gato salen dos ó mas punzones de hierro S, T, bastante agudos, los quales se hincan en la cubierta á medida que se vá haciendo fuerza, y en esta circunstancia un hombre que aplique su mano en la parte superior A B, basta para mantenerlo vertical contra las oscilaciones que puede imprimirle el peso.

253 Como el uso de los gatos no se limita á apoyar sobre cubiertas de madera ú otros terrenos sólidos, es menester prevenir el que dichas máquinas se entierren en el suelo sobre que insisten, á medida que se vá haciendo fuerza. Supongamos que interese poner á flo-

te por medio de varios gatos una lancha, ó todo otro buque menor encallado en fango ó arena. En un caso semejante, la reaccion que exerce la parte C D del gato sobre el fango ó arena inutilizaria su exercicio. Para prevenir semejante inconveniente, importa sentar los gatos sobre un rimero de tablas, en términos que no cedan por su basa C D, á causa de la floxedad del suelo.

CAPÍTULO XII.

Del modo de valuar las fuerzas aplicadas á las máquinas.

254 Si las potencias que se emplean en el movimiento de las máquinas fuesen siempre unos agentes inanimados, bastaria la instantánea observacion de sus efectos, para asegurarse de la constancia de los mismos durante qualquier tiempo.

Por exemplo, si en una garrucha ó moton observamos durante un instante, que un peso qualquiera se mantiene en equilibrio con otro por medio de una cuerda, debemos estar asegurados de que este equilibrio momentaneamente observado, tendrá lugar eternamente. En efecto las partes componentes de ambos pesos, lo mismo sufren por estar en cierta aptitud durante un segundo que durante un año. Muy al contrario se verifica quando las potencias que se aplican á las máquinas son las fuerzas de los hombres ú otros agentes animados. Entónces si observamos que un hombre suspende por un momento un peso qualquiera, erraremos notablemente en concluir que el tal hombre puede mantener suspendido por una ó mas horas el propio peso. Sus músculos en efecto que pueden permanecer durante corto tiempo en cierto estado de tension y rigidez, no pueden prolongarlo durante mucho.

255 En conseqüencia de esto parece muy propio el que indaguemos los esfuerzos de que son capaces los agentes animados segun las circunstancias. Por este medio podremos prevenirnos de antemano acerca de la posibilidad de nuestros intentos, y no consumiremos inutilmente los esfuerzos de agentes tan apreciables. Este cuidado indispensable en todas partes, lo es sobremanera á bordo. La exâctitud y brevedad de las maniobras dependen, en gran parte, de una prudente distribucion de la gente en los sitios convenientes.

Este debido tino no puede tenerse sin el conocimiento de los pesos ú obstáculos que importa vencer, y de las fuerzas de los agentes animados que para ello se empleen. No por esto intentamos decir,

que para el braceo de una verga, y suspension de una áncla, debe estar el maniobrista con la pluma en la mano; el exîgir semejantes nimiedades es el modo de ridiculizar la exâctitud quando es debida.

En los varios accidentes de nuestra profesion marinera se nos ofrece emplear las tripulaciones á la vez, ya en el movimiento de las bombas, ya en la traslacion de pesos, y ya en otros muchos exercicios, los quales importa acaso prolongar por varios dias. En tales circunstancias es muy del caso el tener una mas que mediana seguridad de la verificacion futura de este ó el otro fin propuesto, y tambien un justo conocimiento de este ó aquel trabajo, para no aplicarles indebido número de hombres.

256 Supuesto que hemos visto que el instantáneo esfuerzo de que es capaz un hombre, no basta para que formemos juicio de sus fuerzas, será indispensable el introducir para la medida de ellas, el tiempo durante el qual puede prolongarlas. Supongamos para esto que p represente la velocidad que la atraccion comunica en un segundo de tiempo á un cuerpo libre: sea dt una parte infinitesima de un tiempo qualquiera: $p\,dt$ será la velocidad que debe tomar el cuerpo durante el instante dt, suponiendo que t se cuente en segundos. Por consiguiente si llamamos M la masa que importa sostener, $M p\,dt$ representará la cantidad de movimiento que la atraccion le comunica á cada instante dt. Luego la fuerza que á cada instante deberá exercer el agente destinado á sostener la masa M, será tambien $= M p\,dt$. Así durante un tiempo determinado t, el agente habrá consumido una fuerza ó cantidad de movimiento $= S\,M p\,dt$: esto es, $= M p t$. * Si t señala el tiempo durante el qual es capaz el agente de sostener la masa M, sin que le alcanzen sus fuerzas para prolongarlo, en tal caso podemos considerar la cantidad $M p t$ como la medida ó expresion de los esfuerzos de que es capaz el tal agente. No queremos decir con esto que el agente queda inutilizado para exercer otro qualquiera esfuerzo; sino solamente, que siendo sus esfuerzos inferiores á los efectos que se pretenden, podemos considerar aquellos como nulos, respecto á nuestro intento.

Supongamos que se quiera sostener un peso de 50 libras por el espacio de una hora, y que para conseguirlo empleemos una fuerza la qual, hasta lo sumo, puede mover un peso de 20 libras con la velocidad de 50 pies por segundo; 20×50 pies $= 1000$, indicará la cantidad de movimiento, ó la fuerza del agente de quien nos valemos.

* Esta cantidad es la integral de la anterior $M p\,dt$, cuya operacion se indica por la letra S.

Pero la resistencia que se intenta vencer Mpt, es en el caso actual $= 3600''$ (número de segundos de una hora) multiplicados por 30 pies y 0,2 (valor de p) * multiplicados por 50 libras. El producto de estas tres cantidades es sobremanera mayor que 1000, que indica la fuerza del agente. Luego por dicho medio no nos seria dable mantener un peso de 50 libras por el espacio de una hora. Si una vez desengañados de nuestro intento primitivo, queremos saber á lo ménos qué tiempo podrá el mismo agente sostener el peso de 50 libras, basta hacer la siguiente equacion: $Mpt = 1000$, y poniendo por M la cantidad 50, y por p la de 30 pies y 0, 2, tendremos dividiendo el otro miembro $t = \frac{1000}{50 \times 30,2} = \frac{1000}{1510} = \frac{100}{151} = \frac{2''}{3}$. Esto es, que un agente capaz de una fuerza $= 1000$, solo puede sostener un peso de 50 libras por el corto espacio de $\frac{2}{3}$ de un segundo.

257 Hasta aquí hemos exâminado los esfuerzos de que es capaz un agente, tratando solo de mantener suspendido un peso qualquiera por determinado tiempo; por lo ordinario, no es este el objeto de nuestros esfuerzos; generalmente en efecto, no solo tratamos de mantener suspendidos los cuerpos por prefixado tiempo, sino de moverlos durante él con cierta velocidad; esta circunstancia nos obliga á introducir con el exâmen de las fuerzas, no solo el tiempo, sino tambien la velocidad en que intentamos efectuarlas.

Supongamos que por medio de un agente qualquiera, intentemos mover la masa M, con una velocidad V; M V será la cantidad de movimiento que tendrá la masa M, y como no hay efecto sin causa, el agente habrá consumido tambien contra el cuerpo M un esfuerzo igual al que le ha comunicado: esto es, $= MV$. Si á mas de esto tratamos de mantener el cuerpo M con la velocidad V durante un cierto tiempo t, es evidente que será preciso luchar todo este tiempo contra la gravedad, del propio modo que si el cuerpo subsistiese inmóvil: por consiguiente prescindiendo del esfuerzo que el agente emplea en dar al cuerpo M la consabida velocidad V, deberá consumir ademas la cantidad Mpt. Y reuniendo los dos esfuerzos que debe con-

* Esta es la velocidad que la atraccion comunica á un cuerpo libre durante un segundo en pies Franceses; para tenerla en pies de Burgos basta saber que el pie Frances es al de Burgos como 7 : 6. Para no alterar la cantidad numérica de la fórmula en el exemplo de este artículo y en los siguientes, hemos conservado las medidas Francesas en los mismos términos que las emplea Mr. Bezout en el artículo 724 de la parte mecánica de su Curso de Matemáticas.

sumir el agente para mover el cuerpo M durante cierto tiempo t con una velocidad V, resulta que el agente necesita una fuerza ó cantidad de movimiento $= MV + Mpt$. Esto sentado, pasaremos á averiguar la velocidad con que un hombre puede prolongar un determinado esfuerzo por cierto tiempo, y cotejando este resultado con nuestros intentos, podremos asegurarnos si son ó no asequibles con los medios que ponemos en obra.

Se sabe por experiencia que un hombre puede dar 30 vueltas, durante un minuto, á la cigüeña de un tambor cuyo radio igual al de dicha palanca es de 14 pulgadas, suponiendo á mas que el peso que insiste sobre el cilindro es de 25 libras. Este trabajo puede el hombre prolongarlo durante 8^h. En virtud de todo esto nos es fácil sacar el valor de $MV + Mpt$: esto es, concluir el esfuerzo de que es capaz un hombre que durante cierto tiempo debe trabajar en una máquina qualquiera. Como los radios del cilindro y de la palanca son iguales á 14 pulgadas, el diámetro del tambor será de 28, y diciendo $7 : 22 :: 28 : 88$, tendremos que la potencia corre á cada giro de la palanca 88 pulgadas, y como durante un minuto da 30 giros, cada segundo de tiempo describe 44 pulgadas, ó $\frac{44}{12}$ de pie: esto es, que $V = \frac{44}{12} = \frac{11}{3}$. La masa $M = 25$ libras, $p = 30$ pies y 0,2 y $t = 8^h = 28800''$. Substituyendo todos estos valores en la fórmula $MV + Mpt = \frac{275}{3} + 21744000 = 21744092$. Por medio de esta cantidad se puede juzgar si con la fuerza de un hombre podemos conseguir el efecto que intentamos.

258 Quierase, por exemplo, averiguar si es posible el que un hombre trabajando en la misma máquina puede mover un peso de 60 libras con una velocidad de 10 pies por segundo, y esto por el intervalo de 6^h. Substituyendo en la fórmula anterior 60 en vez de M, 10 pies en vez de V &c., sale una cantidad mayor que 21744092, y como esta última indica el esfuerzo de que el hombre es capaz, resulta que no podremos conseguir por medio de este solo agente el efecto deseado. Debemos advertir que en estos dos exemplos la velocidad V con que el hombre debe mover el peso, induce poca alteracion en la valuacion de su fuerza. En efecto, en el primer exemplo corresponde á dicha cantidad: esto es, á MV, $\frac{275}{3}$; y en el segundo 600; cantidades muy cortas si se comparan con 21744000 y 39139200. Así el no poder conseguir nuestro objeto en el segundo exemplo, no

lo debemos atribuir á la mayor velocidad que hemos de dar al peso, sino al aumento del producto que nos resulta en la multiplicacion del nuevo peso por el tiempo.

Atendiendo á esta advertencia, siempre que la velocidad con que debe moverse el agente resulte muy pequeña respecto á la cantidad $p\ t$, esto es, respecto á la velocidad que en virtud de la atraccion adquiriria el cuerpo durante el tiempo que pretendemos mantener el movimiento, se puede en tal caso tomar por medida de la fuerza la sola cantidad $M\ p\ t = 21744000$. Pero quando la velocidad con que debe moverse un cuerpo, es comparable con la que todo grave adquiriria durante la accion del agente, entónces importa introducir la cantidad M V. Se ha supuesto en todo lo dicho, que un hombre trabajando con determinada velocidad, es capaz de hacer igual esfuerzo que quando trabaja con lentitud. Lo inexâcto de esta suposicion se ofrece desde luego, y así importa repetir la experiencia de sus fuerzas para distintas velocidades, y aquellos valores que nos resulten por $M\ V + M\ p\ t$, serán los que deberemos elegir para cotejarlos con los correspondientes á las velocidades, que no se diferencien mucho de las que nos sirvieron de exemplo.

259 En muchas ocasiones, como sucede en varias máquinas, suele efectuarse el movimiento por intervalos y como á saltos. Estos varios incidentes pueden favorecer nuestros esfuerzos, y otros dificultarlos, relativamente á los que hemos establecido. Por consiguiente el aprecio de nuestras fuerzas en determinadas máquinas, debe deducirse por experiencias hechas sobre las mismas en igualdad de circunstancias. Así el valor de $M\ V + M\ p\ t$ deducido de lo experimentado en el tambor, no debe compararse con el que resultará en el moton; ni lo observado en este último en un hombre que trabajaba sentado, debe compararse con el que se pretende del mismo si debe trabajar en pie. La variedad de trabajos que ocurren á bordo, y las distintas circunstancias en que deben practicarse, nos presentan medios para concluir los diversos valores que corresponden á $M\ V + M\ p\ t$.

Por exemplo, en tiempo de violentos balances determinaremos el valor de dicha fórmula para 6 ó mas hombres que trabajen en la bomba Española, y quando en ocasion semejante pretendamos averiguar si nos es asequible achicar cierta cantidad de agua con determinados agentes, que trabajen por tiempo señalado, compararemos la cantidad $M\ V + M\ p\ t$ correspondiente á nuestras intenciones, con la que de antemano nos dió la experiencia, y si la de esta última es mayor

que la del efecto que se pretende, podemos estar seguros de achicar el agua con los determinados agentes en el tiempo propuesto. Quando no hay balances, se trabaja con conocida ventaja por muchas razones, y así el valor de $MV + Mpt$ que concluiremos por experiencia suponiendo la embarcacion tranquíla, será mayor que el concluido para el caso de su movimiento. Por consiguiente tanto en las bombas, como en los motones, aparejos, cabrestante &c., será conveniente conocer en cada máquina el valor de $MV + Mpt$, por experiencias hechas en los malos tiempos, y en los buenos. Por medio de estas prevenciones, quando en mal tiempo intentemos este ó el otro efecto en la bomba, moton ó cabrestante, compararemos el valor de $MV + Mpt$ de nuestra intencion, con el deducido para la determinada máquina en iguales circunstancias. Si los efectos que proyectamos han de executarse en tiempo de quietud y calma, deberemos cotejarlos con el $MV + Mpt$ deducido por experiencias hechas en los buenos tiempos.

260 La fórmula de que acabamos de valernos para valuar las fuerzas de las potencias aplicadas á las máquinas, es la misma que trae Mr. Bezout en el art. 725. del quinto tomo de su Curso de Matemáticas. Á fin de evitar todo error en el uso que pueda hacerse de dicha fórmula, conviene que manifestemos su limitacion, y que añadamos algunas reflexìones particulares. En primer lugar se dexa ver, que si en el corto intervalo de un segundo de tiempo que hemos tomado por unidad, pretendiesemos que un hombre moviese una masa M que multiplicada por p, diese un producto $= 21744000$, cuya cantidad manifiesta la posibilidad de sus fuerzas, concluiriamos que el tal hombre era capaz de mover la masa mencionada, cosa imposible en la práctica. Por el mismo estilo, aunque el producto de los 3600″ de una hóra multiplicados por Mp equivalga á 21744000, erraremos notablemente en concluir que un hombre puede producir dicho esfuerzo en una hora de tiempo. La limitacion que se observa en el uso de dicha fórmula para todos los intervalos de tiempo mucho menores de las 8^h, arreglado á las quales hemos deducido la cantidad anterior, consiste en que en la fórmula hemos conceptuado, que el hombre solo emplea en mover el tambor mencionado (art. 257.) la cantidad de fuerza que resulta del producto Mp por el número de segundos correspondiente á 8^h; siendo así que en el modo de obrar de nuestros músculos, se verifica una continua adquisicion y pérdida de fuerza, al modo que en el agua hirviendo y otros licores pues-

tos á la lumbre, hay una continua entrada y salida de calor. En virtud de lo qual se ve que un hombre no solo ha consumido una fuerza = 21744000, sino ademas la cantidad que han adquirido sus músculos durante 8^h: por consiguiente como en un segundo, una hora, y todo otro intervalo de tiempo menor de 8^h, es claro que los músculos reciben ménos refuerzos, resulta que en dichos intervalos el hombre no puede exercer la misma cantidad de fuerza. Por un estilo contrario, si aplicamos la fuerza de que es capaz un hombre durante 8^h para otro mayor espacio de tiempo, tendremos que probablemente será capaz durante él de mayores esfuerzos. Esta reflexîon nos advierte que para cometer poco error en la aplicacion de dicha fórmula y otras semejantes, no debemos hacer uso de ellas para intervalos de tiempo que discrepen mucho, por defecto, ó por exceso de las 8, ó aquel número de horas á que se reduxo la experiencia: siendo siempre consiguiente que en el caso del defecto, el agente será capaz probablemente de un esfuerzo menor, y en el del exceso de mayor. *

261 La estrechez del lugar y otras consideraciones, no permiten muchas veces el colocar á bordo los retornos que sirven para el laboreo y direccion de los cabos, en los términos mas ventajosos relativamente al obrar de los hombres que halan de sus extremos. Pero quando ningun obstáculo se opone á aquella colocacion de los retornos que resulta mas favorable para el fin propuesto, es negligencia culpable el perpetuar una mala práctica, siempre que pueda remediarse. Para que el maniobrista proceda en el asunto con el tino y sagacidad que corresponde, vamos á exponer breve y sencillamente nuestras reflexîones en los artículos siguientes.

262 Supongamos que un hombre (Lam. IX. fig. 69.) guardando una posicion vertical y recta, en la qual descansa sobre sus pies en A, pretende elevar el peso P en los términos que indica la figura. El efecto del peso que gravita segun la G P, se reduce á procurar suspender al hombre de M para G; el hombre por el contrario se opone á esta suspension con todo el esfuerzo de que es capaz en la circunstancia en que se halla: en la dicha es menester advertir, que gravitando simplemente sobre sus pies en A, y debiendo ser la accion igual á la reaccion (art. 33.) el hombre solo puede oponer un esfuerzo correspondiente al peso de su cuerpo; y por consiguiente, siempre que P

* Esta advertencia probablemente resultará superflua, quando el sugeto á quien la debemos nos dé una fórmula ilimitada para esta misma valuacion de fuerzas en una obra próxîma á salir á luz.

pese mas, el hombre que afirma sus manos en M, será elevado segun la M G á efectos de la gravedad del peso, que se comunica á lo largo de la cuerda ú otra línea flexîble que abraza la roldana G. Segun esto, en la disposicion que indica la Lam. IX. fig. 69. los esfuerzos de los hombres se limitan al peso de sus cuerpos, y uno que sea muy delgado y pequeño, será excedido por otro mas pesado ó grueso. Sin embargo, nada es mas comun que el ver sugetos delgados y de pequeña estatura, los quales por la particular construccion de sus músculos, superan en fuerza á otros mas corpulentos: de todo lo qual se infiere, que todos aquellos sugetos que por la intensa fuerza de sus músculos sean capaces, en otras posiciones, de hacer unos esfuerzos superiores al peso de su cuerpo, perderán gran parte de su fuerza en la posicion vertical de que acabamos de hablar.

263 Si suponemos que un hombre solicita elevar un peso P (Lam. IX. fig. 70) en los términos que indica dicha figura, es claro que la direccion de la gravedad del peso que obra de A para P, ó verticalmente de arriba para abaxo, léjos de suspender al tal hombre como en la Lam. IX. fig. 69. procurará afirmarlo mas y mas sobre el suelo ó cubierta en que descansan sus pies. Por tanto, en esta disposicion el esfuerzo del agente léjos de limitarse al peso de su cuerpo, no reconoce mas límites que el del intenso esfuerzo de sus músculos. En semejante circunstancia, todos aquellos sugetos que sean capaces de verificar unas fuerzas superiores al peso de su cuerpo, podrán ponerlas en obra sin el menor obstáculo.

264 Si un hombre trabaja quasi horizontalmente como se verifica en la Lam. IX. fig. 71. que nos representa la terminacion del laboreo de los escotines, brazas, drizas y otros cabos, tendremos que si dicho hombre hace sólidamente hincapie contra algun barrote B, en tal caso considerando el obstáculo invencible, el hombre podrá tambien exercer una fuerza poco diferente del esfuerzo intenso de sus músculos. Quando no hay barrote alguno, opone el obstáculo del roce de sus pies contra la cubierta, lo qual impide el que resbale á lo largo de ella, y en esta circunstancia es ventajosa la posicion de hacer hincapie contra el suelo poniendo un pie delante de otro, en aquella aptitud en que naturalmente nos quedamos habiendo dado un paso, procurando dexar caer el cuerpo hácia atras; porque en esta postura, la pierna y pie delantero le sirven como de puntal para no caer hácia adelante, y la inclinacion de su cuerpo hace que la direccion del peso P, pasando poco distante del centro de gravedad de su cuer-

po, tire á confundirse con la longitud de su pierna D B, y contribuya en quanto es dable á afirmarlo mas y mas en la cubierta.

Lo dicho en estos últimos artículos basta para que el maniobrista forme una justa idea de la postura mas ventajosa que debe guardar la gente para el libre juego de sus fuerzas, segun las circunstancias. La aptitud segun la qual cada sugeto en particular está mas acostumbrado á trabajar, debe variar la generalidad de lo establecido, pero siempre lo dicho hasta aquí puede servir de fundamento, para que el maniobrista aconseje la colocacion mas propia de los últimos retornos de los cabos, para el mas breve efecto de las faenas. *

CAPÍTULO XIII.

De los medios discurridos para desalar el agua del mar, y mantener incorrupta la dulce en las embarcaciones.

265 Hasta aquí hemos reflexîonado acerca de las máquinas cuyo uso nos prepara ventajas en la aplicacion de nuestras fuerzas, ya sea por el aumento considerable que hace de ellas, ó ya por la facilidad que nos presta de dirigirlas segun conviene. Ahora discurriremos acerca de otras cuyo objeto no es ménos interesante, dirigiéndose á la conservacion de nuestra salud.

Á bordo estamos expuestos á que nos falte el agua, ó á que este elemento experimente notables deterioraciones, cuyos accidentes nos hagan perecer de sed en medio de las aguas. Atendiendo á este riesgo, reflexîonaremos en este capítulo acerca de los medios propios para conservar incorrupta el agua dulce, y para desalar la del mar.

El agua dulce, como dice Mr. Baumé en el tercer tomo de su Chímica pag. 568. de su edicion de 1773, falta con freqüencia á los navegantes en medio de la mar, ya sea porque se consume la que se embarca, ya porque se corrompe en tales términos, que dificilmente pueden libertarse de los perjuicios que ocasiona los sugetos precisados á servirse de ella. Estas y otras reflexîones no ménos importantes han empeñado á los Chímicos y Físicos, en buscar medios pro-

* En algunos parages de á bordo, como en el propao del alcazar, suelen estar muy próxîmos los últimos retornos donde se terminan los cabos de varias maniobras, y siendo preciso prolongar á un mismo tiempo los chicotes de muchos de dichos cabos, es muy del caso que los últimos retornos tengan un libre giro horizontal, para que indistintamente pueda la gente halar de sus chicotes de proa para popa, de babor á estribor &c., sin estorbarse mútuamente, y logrando dirigir el chicote del cabo por la distancia correspondiente al acomodo del número de hombres que se le aplican.

pios para conservar incorrupta el agua dulce que se embarca, y para separar la sal marina del agua del mar convirtiéndola en agua saludable. La mayor parte de estas inquisiciones resultaron infructuosas, habiéndolas practicado sugetos ignorantes de los principios de la buena física, y aun muchas de las conseqüencias concluidas han sido erróneas.

266 El agua dulce que se embarca en toneles de madera conserva su bondad por corto tiempo. La primera conseqüencia que de esto se deduxo fué, que este elemento podia corromperse. Algunos experimentos mal hechos persuadieron á varios Físicos, en que habia aguas dulces que en igual grado de pureza que otras, eran ménos susceptibles de corrupcion, y de aquí se concluyó que convenia embarcar con preferencia á las demas aguas, aquellas que por acaso conservaron mayor tiempo su bondad.

El agua dulce perfectamente pura es absolutamente incorruptible, y puede conservarse siglos enteros, sin que contraiga mal gusto, olor alguno, ni otra mala qualidad, con tal que la vasija en que se conserva sea de una materia incapaz de comunicarle cosa alguna. El agua cargada de materias inflamables se corrompe breve, aunque se conserve en botellas inatacables por dicho líquido: nosotros no pretendemos hablar de semejantes aguas.

267 La naturaleza nos subministra con abundancia aguas de un grado de pureza suficiente para poderlas conservar incorruptas. De esta especie son las aguas de los rios, riachuelos, torrentes y otros manantiales que corren á lo largo de terrenos areniscos; Mr. Baumé asegura haber conservado de esta especie de aguas por espacio de quince años en botellas de cristal y tapon de lo mismo, y no advirtió en ellas la menor alteracion, siendo así que una igualmente pura embarcada en toneles de madera suele corromperse á los ocho dias. Esta diferencia debe atribuirse sin duda á la naturaleza de las vasijas en que se conserva el agua en las embarcaciones. Los toneles en que la dicha se embarca son de madera, y la substancia de esta última que el agua disuelve, le quita su bondad. En general los toneles de madera solo sirven para conservar una agua que se renueva diariamente. Los de maderas tiernas y nuevas son ménos á propósito para el objeto, porque semejantes maderas subministran al agua mucha materia extractiva. Los toneles viejos que han depositado el agua por mucho tiempo sugieren ménos materia, y por esta razon pueden conservarla incorrupta por mas tiempo que los primeros. No habien-

do reflexîonado tal vez, acerca de la diferente madera de los toneles, se ha creido atestiguado por èxperiencias de comparacion, que ciertas aguas aunque en sí fuesen puras, no eran sin embargo á propósito para embarcarse, y porque se corrompian ántes que otras, se miraron como inutiles para las aguadas de los buques.

268 Unas experiencias de esta clase hechas en tales toneles, son absolutamente ilusorias; porque á la verdad es imposible conocer perfectamente el estado de las maderas. Semejantes experiencias solo deben hacerse en botellas de vidrio con tapon de lo mismo. Acaso se objetará, dice Mr. Baumé, que es imposible el almacenar en botellas cerradas por este estilo agua suficiente para la tripulacion de un navio. Pero por ventura, ¿no se podrian construir toneles revestidos interiormente de un barniz sólido que no comunicase cosa alguna al agua, al modo del que damos á ciertos utensilios construidos para soportar un grado de calor superior al del agua hirviendo? Semejantes barnices no comunican sabor alguno á los licores que encierran. Tambien se podria hacer uso á bordo de toneles estañados, ó emplomados por el interior, pues quando aquella tierra fina que deposita el agua, aun la mas pura, reviste la superficie de dichos metales, no le comunican ya materia alguna. Los toneles metálicos remplazarian los de vidrio para el fin de conservar el agua, pero su mucho peso es acaso la sola razon que impide el adoptar su uso.

269 Muchos Físicos han sugerido varios medios para quitar sus malas qualidades al agua dulce corrompida, ó para impedir que se corrompa la que se conserva á bordo. Boerave encarga para esto, hacer hervir el agua corrompida, y añadir un poco de espíritu vitriólico en aquella que se intenta conservar. Deslandes observa, que en las bodegas de los buques donde se conserva el agua, reyna un calor igual al del estío. Este calor favorece la generacion de los insectos, y la putrefaccion de las materias de que el agua se impregna. En conseqüencia de esto, dicho autor encarga el azufrar los toneles al tiempo de llenarlos, añadiendo al agua de cada tonel algun espíritu vitriólico. La mezcla de los ácidos minerales con el agua, se ha observado que es uno de los medios que retardan su putrefaccion á bordo. El Dr. Hales llega á determinar la porcion de espíritu vitriólico que conviene añadir al agua. Este ingrediente de los ácidos minerales en aguas de que diariamente debemos hacer uso, no es saludable; y por consiguiente no llenamos nuestras miras por semejante camino.

270 Á estos medios que nos propone Mr. Baumé para la conservacion del agua á bordo, debemos añadir otro, del qual oí hablar á algunos marinos Franceses en el Guarico en el año de 1782, y que posteriormente se halla extendido en el artículo Eau de la Enciclopedia Marina, en su edicion del año de 1786. El Autor de dicho artículo copia la siguiente carta de Mr. Maillard du Mese, Intendente de la Isla de Francia.

»En Diciembre de 1776, dice Mr. Maillard, ví en la Isla de Francia que en algunas pipas de aguada se echaba cal viva; habiéndome informado del nombre de la embarcacion, supe que correspondian á la nombrada Genois de Marsella, cuyo Capitan se llamaba Juan Fret. Á las preguntas que le hice sobre el particular, me respondió: que habiendo mandado fabricar algunos años atrás en Marsella la pipería correspondiente para su embarcacion, el tonelero le propuso un medio para conservar siempre el agua clara é incorrupta. Este medio consiste en amerar las pipas por el estilo ordinario, con el objeto de que se apriete bien la madera, y habiéndolas llenado despues de agua dulce, se echa en cada pipa la porcion de cal viva que coge entre ambas manos, y se dexan las pipas en este estado por el espacio de 5, ó 6 dias; seguidamente se derrama esta agua, se enjuagan las pipas por dos veces, y por último se llenan con el agua que debe servir para la navegacion: colocada la pipería á bordo, se tapan sus aberturas con un pedazo de lienzo, y se le añade encima una plancha de oja de lata, con el solo objeto de impedir el ingreso á los ratones. El Capitan Juan Fret hizo su primera experiencia en sola una pipa, y le fué muy bien. En el año de 1772 hizo un viage á la Isla de Francia, y habiendo empleado seis meses en la travesía sin hacer escala en parte alguna, conservó clara y pura su agua embarcada en pipería, preparada por el método anterior. Despues de su arribo á la Isla conservaba una cantidad de dicha aguada, de la qual usaba con preferencia á la de tierra. De regreso á Francia mandando Le Fortunè, preparó del mismo modo el embarco de su agua con igual éxîto. Posteriormente de vuelta á esta Isla de Francia, se lisongea del mismo experimento. Finalmente volviéndose en el navio Genois en Diciembre de 1776 lleva dispuesta el agua en los propios términos. El Capitan me ha dicho, que para cerciorarse del efecto que ocasiona la cal en las pipas, desbarató una de ellas, y advirtió que la cal viva, despues de mezclarse con el agua, formaba sobre las paredes de la misma pipa, una ligera capa ó barniz, á quien se debe

atribuir este buen éxîto, impidiendo su interposicion el que el agua se corrompa por medio de la disolucion de las partículas leñosas. Mr. Maillard concluye con decir, que considera por muy propio para el efecto el método insinuado, singularmente por su sencillez, llevando sobre todo la seguridad de la experiencia."

En toda esta carta se halla explicado con la suficiente claridad el método de preparar la pipería para la conservacion del agua dulce. Solamente insistiremos con el autor de dicho artículo en la Enciclopedia, acerca de la necesidad de que sea perfectamente viva la cal de que se haga uso. Puede ser que convenga remover un poco el agua de las pipas despues de haber echado la cal, y ántes de que la dicha repose, con el fin de aumentar en lo posible el espesor de la capa ó barniz, para que cierre debidamente los poros de la madera. Tal vez importará emplear alguna mas cal de la que usó el Capitan Juan Fret, ó encalar por dos veces la pipería. En efecto logrando aplicar una nueva capa sobre la primera, la madera queda mas al abrigo del inmediato contacto del agua.

271 Se han buscado varios medios para transformar el agua del mar en agua dulce, por operaciones practicables en los buques durante el tiempo de sus viajes. La filtracion parece que fué uno de los primeros que se propusieron. Plinio dice, que si se sumergen en el mar bolas de cera vaciadas, se llenan de agua dulce. Igual medio se vé indicado en las Transacciones Filosóficas (año 1665 num. 7). La cera no permite que el agua filtre, y la que puede pasar al traves de los poros, en nada se diferencia de la que era ántes. Para que se verifique la filtracion, es menester que los poros de los cuerpos por donde pasa se empapen con el agua, y que esta pueda adherir á los mismos poros, del propio modo que adhere á los tubos capilares. Sin esta propiedad de los cuerpos no tiene lugar la filtracion.

Lister en las mismas Transacciones Filosóficas propone una destilacion insensible del agua del mar, la qual el dicho la considera como verdadera filtracion. El medio de que se vale para esto consiste en colocar en un vaso agua del mar mezclada con alguna porcion de alga, y cubriendo este vaso con un chapitel, se deposita en él, como dice el citado autor, una agua dulce. Este efecto que se atribuye á la filtracion del agua del mar al traves de los poros de la planta, no es otra cosa mas que una destilacion insensible. Pero como la planta se halla enteramente sumergida en el agua, y dicho autor no se vale de otro calor mas que el natural del ayre

que la cerca, la llama sin duda por eso filtracion.

Leibnitz en las Actas de Leipsik presume, que la destilacion puede convertir el agua del mar en agua dulce; no obstante confia mas en la filtracion que puede practicarse al traves de varios intermedios. Entre los muchos que propone, hay algunos perjudiciales, y que nunca deberian admitirse, aun quando por ellos se consiguiese el fin propuesto.

272 Otras personas adelantaron que el agua del mar podia filtrarse al traves del vidrio, y que por este medio se conseguiria el desalarla, sumergiendo en diferentes profundidades botellas vacías de vidrio bien cerradas. Mr. de Cosigni hizo relativamente á este objeto una larga serie de experiencias, las quales forman una memoria inserta en el tercer volumen de los Sabios Extrangeros. Resulta de las experiencias de Mr. Cosigni, que las botellas sumergidas en el mar á 130, ó 140 brazas de profundidad, se quiebran á causa de la presion del agua, en el caso de que el tapon la resista; que aquellas que no se rompen, pero cuyo tapon cede, se llenan de una agua salada en modo alguno distinta de la que sacamos á la superficie del mar. Por último Mr. Cosigni sumergió á iguales profundidades globos de vidrio sin abertura alguna. Algunos de estos globos se quebráron, y los que subsistiéron enteros, no encerraban la menor gota de agua. Todos estos experimentos nos atestiguan que el agua no puede colar al traves del vidrio.

El Abate Nolet dice, que filtró el agua del mar en un tubo de vidrio culebreado lleno de arena fina, que componia mil toesas de longitud, y que al fin el agua salió tan salada como quando entró: estas experiencias prueban que el agua no puede desalarse por medio de la filtracion, cosa muy conforme á la buena teórica. En efecto, el agua y la sal se combinan de un modo tan íntimo, que el agua lleva consigo las partículas salinas al traves de los poros por donde pasa.

273 Las actas de Leipsik de Septiembre de 1697, mencionan una observacion muy conocida hoy en el dia, pero que en aquellos tiempos debió juzgarse interesantísima, creyéndola de una útil aplicacion en algunas circunstancias. Samuel Reyer advierte, que el agua del mar helada, compone un hielo que solo consta de agua dulce. Por este medio se podria acaso adquirir agua dulce en el mar, si el temperamento fuese siempre favorable á dicho fenómeno. Si semejante recurso no ha prestado grande utilidad á los navegantes, á lo ménos ha ilustrado un punto de la teórica.

274 La destilacion es el medio mas eficaz para convertir el agua del mar en agua dulce; este proceder es el mismo que despues de mucho tiempo aconsejan los Físicos. Hauton (Transacciones Filosóficas del año de 1670) parece que fué el primero á quien mereció particular cuidado la destilacion del agua del mar á bordo. * Este autor aconseja añadir al agua, ántes de destilarla, algun alcali fixo, y sumergir en la mar el tubo, que desde el chapitel del alambique descarga en el recipiente el agua destilada. Por este medio la mar misma resultaba el refrigerante en la destilacion. Hauton encarga el mezclar esta agua destilada con cierta tierra que se separa por decantacion. El efecto de esta tierra, segun dicho autor, es de envolver el espíritu volatil de la sal, del qual supone que está cargada el agua del mar.

275 En 1717 Mr. Gautier, Médico de Nantes, se propuso igual objeto, y dió la descripcion de un destilador que se halla inserto en el tercer volumen de las máquinas aprobadas por la Academia Francesa pag. 149. Por medio de dicho destilador se puede destilar con suficiente economía de leña, una cantidad de agua del mar, bastante para el consumo diario de la tripulacion de un buque. Esta máquina del modo propuesto por Mr. Gautier, solo puede tener su uso en tierra, al modo de los alambiques ordinarios. En los fuertes balances sucedia á bordo, que el agua del mar se elevaba al chapi-

* Despues de escrito esto, el Teniente de Navio de la Real Armada D. Martin Fernandez de Navarrete, comisionado de órden del Rey para reconocer los archivos del Reyno y formar una coleccion de todos los manuscritos relativos á Marina, me ha comunicado la siguiente noticia.

„En la relacion del viage que hizo el Capitan Pedro Fernandez de Quirós por órden de S. M. á la tierra Austral é incógnita en los años de 1605 y 1606, escrita por Gaspar Gonzalez de Leza, Piloto mayor que fué en aquella expedicion: cuyo manuscrito se halla en la Sala de ellos que hay en la Biblioteca Real de Madrid, Estante J, códice N.º 91 en 4.º, se hallan las noticias siguientes."

Dia 6 de Febrero de 1606.

„Ibamos por la parte del O. de estas Is„las de Mendoza 350 leguas. En este dia se „ordenó el horno y se aparejó el adrazo de „sacar agua dulce de la salada."

Dia 7.

„Diéron fuego al horno é ingenio de „agua, y empezáron á sacarla con mucha „facilidad, y se sacáron en este dia tres bo„tijas peruleras, y fué para probar el artifi„cio, la qual vista por todos era múy clara, „suave y buena para beber."

Dia 11 de Marzo.

„Padeciamos mucha falta de agua, y los „ingenios no la daban por falta de leña, que „se nos habia acabado y no en guisar."

De este diario se deduce, que 64 años ántes que Hauton reflexîonase acerca de la destilacion del agua del mar á bordo, la bebian ya los navegantes Españoles, buscando nuevas tierras en la vasta extension del Mar Pacífico.

tel del alambique, y echaba á perder la que estaba destilada.

276 Quedaba reservado á Mr. Puisonnier, Médico de la Facultad de París &c. el imaginar un alambique mas sencillo, el qual pudiese colocarse cómodamente en las embarcaciones. Con este alambique se puede practicar á bordo la destilacion en medio de los mayores balances, sin el menor recelo de que el agua salada se introduzca por el chapitel del alambique, y eche á perder la otra. * Aquí omitimos dar la descripcion de esta máquina, que últimamente se halla ya mas simplificada entre los Ingleses, de quienes hemos tomado el modélo para adaptarla en nuestras embarcaciones; sin embargo como muchos atribuyen la invencion á estos últimos, no debemos callar, en honor de la verdad, lo que dice Mr. Baumé, y es: que Mr. Irvine Ingles se apropió la descubierta de Mr. Puisonnier. Pero Mr. Louis du Tens, Físico Ingles, hizo ver por una carta escrita en 7 de Agosto de 1772 que Mr. Puisonnier, Físico Frances, era el verdadero autor de esta descubierta. Dicho autor prueba en su carta, que las embarcaciones Francesas hacian uso de la máquina de Puisonnier, nueve años ántes que Mr. Irvine se la hubiese apropiado.

277 Es muy del caso el que terminemos este capítulo con las noticias que canonizan el uso de esta máquina, y con alguna advertencia interesante, para que no se malogren los buenos efectos correspondientes á su invencion. Desde el año de 1763 en que Mr. Puisonnier publicó en Francia su máquina para destilar el agua del mar, se han hecho mas de ochenta experiencias, ya en embarcaciones de guerra, ya en las de la compañía de las Indias, y en otras del comercio. Todas estas experiencias están autenticadas por procesos verbales recibidos en el Tribunal de Marina desde el año de 1764. Quantas personas han hecho uso del agua destilada en la forma dicha, han disfrutado mejor salud que los que han bebido la de la bodega, y no han experimentado la menor incomodidad. Mr. de Bougainville en la relacion de su viage de vuelta al mundo dice: que debe la salud de su tripulacion al uso que hizo del agua destilada por medio de esta máquina. Nosotros hemos experimentado los mismos

* Una de las piezas que mas contribuyen á la perfeccion de este alambique consiste en un círculo (Lam. IX. fig. 72.), en cuya superficie hay varios agujeros al modo que en las salvaderas: cada uno de estos agujeros es el extremo de otros tantos tubos capilares de algunas pulgadas de longitud. Esta pieza interpuesta horizontalmente en lo interior del cilindro al modo de un diafragma, impide el que el agua del recipiente pueda mezclarse con la destilada, á pesar de todos los movimientos del buque; y el vapor por el contrario, de cuya condensacion resulta el agua destilada, pasa libremente á lo largo de estos varios conductos.

buenos efectos en el uso del agua destilada por medio de este alambique, y D. Tomas Geraldino, Capitan de Navio y Comandante del nombrado S. Sebastian en el verano de 1788, usó de dicha agua durante todos los meses de campaña, y aun se servia de la misma para beber, con preferencia á la de tierra, las veces que estuvo en puerto. Don Felix de Texada, Teniente General de la Real Armada, é Inspector General de nuestros Arsenales, á cuyo zelo en mejorar el armamento de nuestros buques debemos la adopcion de dicho alambique, y de los nuevos ventiladores, me asegura que se han realizado con repetidas experiencias las utilidades de los fogones, adornados de alambique y ventilador; en conseqüencia de lo qual mandó S. M. con fecha de 8 del mes deEnero del año de 1790, que se adoptase su uso en todos los buques de la armada.

278 Para que no se extrañe el que otros navegantes hayan experimentado algunas malas conseqüencias, en el uso de esta ú otra máquina semejante, advertiremos el orígen de aquellas á que puede haber dado lugar su inadvertencia.

La acrimonía que advertimos en el agua del mar, se la comunica en gran parte la sal marina de base terreosa, de la qual se halla cargada constantemente. Esto se puede demostrar con suma facilidad. No obstante, dicha sal desconocida á la mayor parte de los que propusiéron la destilacion como medio propio para transformar dicha agua en dulce, dió lugar á que atribuyesen su amargura y acrimonía á las materias bituminosas que encierra; baxo este errado concepto empleáron diversos intermedios que reputáron convenientes para ligar los principios volátiles y bituminosos, que conceptuaban elevarse con el agua durante la destilacion. El agua del mar destilada con intermedios ó sin ellos, en nada se diferencia, y tan pura y saludable resulta en un caso como en otro, con tal que no se prolongue la destilacion hasta el caso de quedar el destilador sin agua alguna; porque en semejante circunstancia, la sal marina de base terreosa de que hemos hablado, se descompone por la inmediata accion del fuego, y subministra al agua una cantidad de ácido marino suficiente para darle gusto, y hacerla mal sana. Si algunos navegantes bebiéron de esta agua destilada hasta el punto de quedar seco el alambique, por inadvertencia de los marineros empleados en la destilacion, no es extraño que experimentasen malos efectos. Sin embargo hay medios para obviar todos los inconvenientes que pueden provenir de semejante descuido.

Por las operaciones químicas nos consta, que el alcali marino descompone toda sal marina de base terreosa, y en su lugar forma otra tanta sal marina de tal naturaleza, que no puede descomponerse por la inmediata accion del fuego. En conseqüencia de esto, si se añade al agua del mar que destinamos á la destilacion, cierta cantidad de alcali marino, aunque los marineros se descuiden despues y prolonguen la destilacion hasta agotar el agua, no debemos tener el menor recelo por semejante descuido, pues la primera agua en nada se diferenciará de la última que se destila. Mr. Puisonnier contando con la negligencia de los marineros, encarga añadir seis onzas de alcali marino por cada tonel de agua salada que se pretende destilar.

CAPÍTULO XIV.

De las mangueras y nuevos ventiladores para renovar el ayre de varios sitios de los buques.

279 Nos consta por repetidas observaciones, que las enfermedades contagiosas son mas freqüentes en los climas cálidos que en los frios, y en las Ciudades muy populosas cuyos edificios están unidos, mas que en las otras poblaciones ordinarias. En aquellos pueden provenir del excesivo calor del ayre nada á propósito para la respiracion; en las Ciudades grandes pueden dimanar del extraordinario número de gentes que respiran un mismo ayre, y lo constituyen impropio para el mismo efecto.

Se experimenta freqüentemente, que si en una vexiga se encierra una determinada cantidad de ayre, el qual se hace pasar repetidas veces por los pulmones de un hombre por medio de un tubo, sin darle la menor comunicacion con el ayre exterior, el que incluye la vexiga llega á alterarse, en el tiempo de un minuto, en términos de no poderse respirar; y el tal hombre se sofocaria, si no se renovase dicho ayre inmediatamente. La campana con que se bucea, en la qual es indispensable renovar el ayre, nos presenta otro exemplo de lo que acabamos de asegurar.

El ayre cargado de vapores de carbon, y de humo de licores que fermentan, como tambien el que está encerrado, ó solo de por sí, ó acompañado de agua, resulta muy perjudicial. Lo mismo se verifica con el que está en lo hondo de los pozos de que no se hace uso, y con el que permanece en la bodega y sollado de las embarcaciones, quando no se procura en dichas extraer el agua. En se-

mejantes sitios llega á ser tan pernicioso, que sofoca á los que baxan á limpiar las bombas. Este ayre dañoso causa igualmente á alguna distancia, violentos dolores de cabeza, sudores frios, y freqüentes vómitos mas ó ménos duraderos, segun el grado de corrupcion del agua y ayre, y á medida de las distancias á que están de la bodega y sollado las gentes que sufren su accion.

280 En las embarcaciones tiene el ayre una disposicion muy próxîma para corromperse, no solo por lo hondo del sollado y bodega, sino por la multitud de gentes que respiran el mismo elemento, particularmente en los buques de mucha tripulacion, como en los de guerra, en los destinados para servir de hospitales, y en los que se emplean en el tráfico de los negros; en todos los quales un extraordinario número de personas mal constituidas, hallándose como amontonadas, inundan el ayre de efluvios perjudiciales. Este elemento privado de sus propiedades ventajosas, y cargado de los perjudiciales vapores que le comunican las muchas gentes que lo respiran, y el agua corrompida en la bodega, debe producir calenturas contagiosas.

281 Aunque el ayre encerrado se conserve en equilibrio con el exterior, sin embargo si no está bien establecida su comunicacion, el ayre de afuera forma un obstáculo á la salida del interior, y solo se mezclan las partículas inmediatas de uno y otro: esto se experimenta en los malos olores que no se perciben en los buenos tiempos, pero sí en los borrascosos y de mucho viento, quando los vapores, que ántes estaban encerrados, se esparcen á grandes distancias; á lo qual contribuye tambien la agitacion del navio con motivo de los balances.

282 Con el objeto de remediar los inconvenientes expuestos, y conservar la salud y vida de una parte tan útil de la nacion como es la gente de mar, se han inventado muchas máquinas, cuya descripcion omitiremos aquí, reduciéndonos solo á la que generalmente se usa á bordo baxo el nombre de manguera. Esta comunmente se forma con una vela de 25 á 30 pies de largo, segun las embarcaciones, y se le dá la figura de un cono truncado. Para servirse de ella se suspende con cuerdas á los dos tercios de su altura, y procurando por medio de unos arcos ó aros de pipa, que su base se mantenga terminada en forma de círculo, su vertice entra por las escotillas del buque. Las velas que van en viento se disponen de tal suerte sobre estas mangueras, que la mayor parte del que reciben se precipita por ellas como por un embudo, y pasa á los sitios mas profundos de la embarcacion. Estas mangueras es menester quitarlas y ponerlas

cada vez que se quiere hacer uso de ellas. De suerte que el beneficio que nos procuran no puede ser permanente.

283 Aunque la costumbre general ha canonizado, como quien dice, esta invencion, no por eso está exênta de muchos inconvenientes. 1.° Teniendo cada navio por lo ordinario tres mangueras de estas, una en cada palo, los marineros necesitan mucho tiempo para prepararlas. 2.° Solo podemos servirnos de ellas en los tiempos bonancibles. 3.° En las inmediaciones al equador, donde se necesita renovar el ayre mas bien que en otra parte, suelen experimentarse tan fuertes calmas, que apénas hay viento para usarlas. 4.° El ayre que entra por dicho medio, solo se comunica por los sitios mas abiertos de los navios, sin penetrar en las bodegas y sollados, en donde no se consigue renovarlo con estas máquinas. Ademas se observa muchas veces, que quando se ha pasado tiempo sin hacer uso de ellas, atraen los malos olores á la cámara baxa y á otras partes bien ventiladas de los buques, al modo que se nota oler peor una agua corrompida, quando vertemos sobre dicha otra fresca y buena. 5.° No podemos servirnos de dichas mangueras de noche quando las tripulaciones duermen en los entrepuentes; y en suma, aun quando careciesen de todos los inconvenientes mencionados, su adopcion sería perjudicial en todas las embarcaciones destinadas para hospitales, en las quales importa renovar el ayre por grados insensibles, á fin de corregir en lo posible la infeccion producida por el aliento y transpiracion de los enfermos y heridos, y donde si el viento entrase con mucho ímpetu, ocasionaria malas conseqüencias.

284 Para obviar todos estos inconvenientes, imaginó Mr. Shutton la siguiente máquina, que no solo es utilísima á bordo, sino que podria muy bien aplicarse ventajosamente á las casas, cárceles, pozos, hospitales, &c. alterando en ella aquellas circunstancias accidentales que exîgiesen los determinados lugares de su colocacion.

La máquina de que se trata se experimentó en Deptfort á bordo del navio Hulk con todo el buen exîto imaginable, tanto para extraer el ayre del sollado, como el de la bodega y demas sitios interiores de los buques á un propio tiempo y en tanta copia, que apagaba en el momento una vela encendida en el extremo de uno de los tubos bastante distante del fuego. El método de poner en práctica esta máquina es como se sigue.

Para guisar en las embarcaciones es menester una caldera de cobre proporcionada al buque y al número de su tripulacion. La cal-

dera se coloca á bordo, por el estilo que en tierra, sobre un fogon compuesto de su hornilla y cenicero, separados por un emparrillado ó enrejado de hierro. La hornilla, que tiene una puerta de hierro, contiene la lumbre; la ceniza cae al traves del enrejado en el otro hueco, y el humo pasa por dentro de un tubo, y se evacua como por las chimeneas ordinarias. El fuego se mantiene encendido á favor de la corriente de ayre que se introduce en la hornilla desde el cenicero por el enrejado. Si se cerrase bien esta comunicacion con una puertecilla, de suerte que no se introduxese ayre alguno, el fuego se apagaria al instante, á ménos que por otra parte no se diese libre tránsito al ayre: con este objeto se han abierto varios agujeros de comunicacion, á los quales se adaptan diversos tubos de plomo ó cobre, cuyos otros extremos se terminan en la bodega, sollado y otros sitios de las embarcaciones.

285 Para manifestar claramente á todos nuestros lectores las causas de la renovacion del ayre en las bodegas ú otros sitios por medio de los tubos mencionados, supongamos que B C (Lam. IX. fig. 73.) represente el espacio de la bodega ó sollado que se pretende ventilar. A B, la direccion del tubo que encierra la columna vertical de ayre correspondiente á su diámetro; y D C, la comunicacion del ayre exterior con la bodega, por medio de una boca de escotilla. Por uno de los principios fundamentales del equilibrio y presion de los líquidos es claro, que siempre que el ayre del tubo A B sea igualmente denso que el que se introduce por D C, quedarán ambos en equilibrio. Si á causa del fuego encendido en *f* se rareface parte del ayre que encierra el tubo, en tal caso siendo mas denso el que se introduce por D C, elevará por el tubo B A, parte del que encierra la bodega ó espacio C B; continuando el fuego en rarefacer el nuevo ayre elevado de la bodega, conservará su preponderancia el introducido por la boca de escotilla, y se formará una corriente de ayre en el sentido D C B A, por cuyo medio se renovará el corrompido que encierra el espacio B C. Esta advertencia al paso que nos demuestra la práctica de los nuevos ventiladores, nos acuerda la necesidad de establecer una abierta comunicacion del ayre exterior con el de la bodega.

286 Como el fuego rareface incesantemente el ayre, se eleva el perjudicial, y lo remplaza otro saludable que acude continuamente de las demas partes del navio. Esta extraccion del ayre mal sano, no solo se verifica en el tiempo de exîstir el fuego en la hornilla, sino

siempre que subsista suficiente calor en dicho sitio. Esto mismo se verificó en Deptfort á bordo del navio Hulk, donde el ayre fué atraido por el tubo doce horas despues de estar el fuego apagado. Siendo esto así, supuesto que para preparar la comida de las tripulaciones, importa mantener encendido el fuego durante muchas horas del dia, debemos esperar que el calor que permanece en todo el fogon, será suficiente para rarefacer el ayre de un dia para otro por medio de los tubos.

287 Mr. Shutton se propone hacer circular el ayre, sin emplear mas fuego que el preciso para las urgencias de los buques. Esta máquina tendrá en las embarcaciones pequeñas tan buen exîto como en las grandes. En efecto, quanto mayor sea la tripulacion de un buque, tanto mas fuego necesitará para preparar la comida, y este fuego exîgirá mayor corriente de ayre para mantenerse. No es preciso determinar el tamaño y número de los tubos; porque siendo el consumo de ayre proporcionado á la cantidad de fuego, quanto mayor sea el número y tamaño de los tubos, con tanta ménos agitacion se introducirá por ellos el ayre. Mr. Guillermo Wautson propone medios para aprovecharse de todo el calor que se nota en las cercanías del fogon, á fin de emplear mayor número de tubos por los quales se renueve mas breve el ayre en varias partes del navio. En los buques mercantes donde un crecido número de tubos podria embarazar para el embarco y desembarco de los efectos, propone dicho autor la colocacion de un solo tubo grande, el qual descienda hasta el lugar donde no haga estorbo, y desde allí se distribuya en varios ramos para esta ó la otra parte, segun convenga.

La sencillez de esta máquina, el poco gasto que ocasiona, el ningun cuidado que exîge para producir sus efectos, y el grado de suavidad con que se obtienen estos últimos, nos la han hecho adoptar en nuestra marina, y se experimentó en el navio San Sebastian en el verano de 1788, juntamente con el alambique ingenioso propio para la dulcificacion del agua del mar, de que hemos hablado anteriormente.

288 La renovacion del ayre en la bodega y otros sitios que conseguimos por medio del fuego fixo en un parage determinado, podemos obtenerla igualmente valiéndonos de un ventilador portatil, empleando para su exercicio la fuerza de los hombres ú otros agentes animados. La máquina se reduce en substancia á un molinete ó tambor dispuesto horizontalmente, cuyo exe descansa por sus dos extre-

mos sobre dos pilastras vaciadas ó tubos verticales. Á lo largo del cilindro del molinete se fixan varias aspas de madera, y el todo del tambor se halla encerrado en una especie de cofre cilíndrico, de un diámetro proporcionado para permitir el giro de dichas aspas en las revoluciones que se dan al molinete. Por medio de una cigüeña se hace girar una rueda la qual mueve una linterna, de un diámetro mucho menor, adaptada al extremo del exe del molinete. El exceso del radio de la rueda sobre el de la linterna hace que el tambor revestido de sus aspas gire con una velocidad extraordinaria; y dichas aspas haciendo el oficio de otros tantos abanicos, azotan el ayre y lo despiden mediante este movimiento vortiginoso por el conducto que se dexa abierto para el objeto. El ayre exterior, que por varios conductos puede comunicar á lo largo de los tubos verticales, remplaza el que despiden las aspas, y se establece una continua corriente en el sentido del movimiento del tambor. De suerte que por medio de esta máquina se puede renovar el ayre en todos sentidos, con la sola diferencia de mover la cigüeña de derecha á izquierda ó al contrario, y de abrir ó cerrar las correspondientes comunicaciones con los tubos. Como el ayre se arroja en esta máquina con la violencia que se quiere, se puede hacer uso de ella para esparcir un sahumerio á largas distancias. Ademas tiene la ventaja de desarmarse del todo, y sobre su fácil transporte proporciona el que, alargando ó reduciendo los tubos comunicantes, no queda sitio en el navio adonde no se pueda introducir un nuevo ayre y extraer el que tenia. Para la facilidad del movimiento, una correa pasa por las periferias de la rueda grande y de la linterna; y á fin de proporcionar la distancia á lo mas ó ménos que dé de sí la correa, se aproxîma ó aleja la rueda grande por medio de una rosca que tiene su exercicio en el sentido horizontal.

CAPÍTULO XV.

De algunos usos del barómetro en las embarcaciones.

289 La experiencia de Torriceli, de que hemos hablado en el art. 203. con motivo de las bombas, nos define suficientemente el estado del barómetro en sus principios. Aquel célebre Físico, contento con haber manifestado por medio de la sencilla máquina representada en la Lam. VI. fig. 50. la gravedad del ayre, dexó á otros el que sacasen mas fruto de un instrumento, cuya invencion habia satisfe-

cho cumplidamente las miras de su autor. La celebridad de la citada experiencia dió lugar, á que todos los estudiosos colocasen en sus gabinetes el instrumento de la Lam. VI. fig. 50. como en testimonio de la verdad del nuevo descubrimiento acerca del peso de la atmosfera. Con esta invencion sucedió lo que con las demas, que generalizándose, adquieren nuevos usos en manos de los observadores exâctos. Para infundir en nuestros lectores la aficion de observar escrupulosamente las alteraciones del barómetro, cuyo cotejo con las de la atmósfera, es el medio de sacar el debido partido de dicha máquina, permítasenos seguir ligeramente en la persona de un solo observador exâcto, los progresos que en manos de muchos ha hecho próxîmamente hasta nuestros dias el barómetro, desde la época de su invencion por Torriceli.

290 En manos del gran discípulo de Galileo, el barómetro solo fué un instrumento propio para manifestar, que una columna de mercurio de 28 pulgadas de altura, pesa lo mismo que una de ayre de igual base que la de mercurio, y que tiene de alto toda la elevacion de la atmósfera. Con el objeto de evidenciar esta verdad, supongamos colocado este instrumento en el gabinete de un diligente observador, el qual advierte que unos dias se mantiene elevado el mercurio en el tubo B A (Lam. VI. fig. 50.) á la altura de 27 pulgadas y $\frac{1}{2}$, y otros á la de 27 ó 26. De esta observacion repetida se concluye, que el ayre de la atmósfera pesa en unas ocasiones mas que en otras; y el barómetro ya no solamente es propio para evidenciarnos el peso del ayre, sino tambien las alternativas variedades de esta propiedad.

291 En estas circunstancias, demos el caso que habiéndose mantenido el mercurio elevado á la altura de las 27 pulgadas y $\frac{1}{2}$ por algunos dias, advierta el observador una mañana que casi de repente, baxa el mercurio hasta quedar en la altura de solas 26 pulgadas. Á este repentino y extraordinario descenso del mercurio, sigue despues de 6 ó mas horas un viento violento que dura por el espacio de medio, uno ó mas dias. Durante todo este tiempo el mercurio se ha mantenido baxo, y solo se le ha advertido subir y baxar aceleradamente en los intervalos de unas ráfagas á otras. Despues de pasada la borrasca, el mercurio que ha seguido ascendiendo, llega por fin á fixarse en su primitiva altura de 27 pulgadas y $\frac{1}{2}$. Miéntras que conserva dicha elevacion, el tiempo queda en calma y despejado. El observador que ha notado las variedades ocurridas en la atmósfera du-

rante el descenso, fixacion y ascenso del mercurio, presume con fundamento, que el barómetro puede predecir las borrascas, y en conseqüencia sigue observándolo con todo esmero para verificar su presuncion. Por una série no interrumpida de observaciones, nota el observador verificado el descenso extraordinario del mercurio, algunas horas ántes del temporal, su fixacion durante la permanencia de la borrasca, y su ascenso ántes de la serenidad y calma. De resultas de todo esto debemos concluir, que el barómetro ya no solamente es propio para evidenciarnos lo pesado del ayre, y la alternativa de mas y ménos anexa á esta propiedad, sino tambien para pronosticarnos la cercanía de un huracan ó viento violento, á lo ménos en el parage de nuestras observaciones. Si por relacion de otros varios observadores nos consta, que al descenso y ascenso extraordinario del mercurio, siguen por lo comun las borrascas y las calmas en todos los lugares de la tierra, concluiremos que el barómetro es un instrumento utilísimo á todos en general, y singularmente á los navegantes, en quanto les predice la proxîmidad de los temporales y vientos fuertes en toda la redondez del globo.

292 Lisongeado nuestro observador de la exâcta correspondencia de las grandes variaciones del barómetro, con las de igual clase ocurridas en la atmósfera, supongamos que pretenda sacar mas partido de dicho instrumento, y que fixe su atencion, no solo en los fenómenos que suceden en la atmósfera al descenso ó ascenso de una ó dos pulgadas del mercurio en el tubo, sino á los que tienen lugar despues de su baxada ó elevacion de solas 8, 7, ó ménos líneas. En conseqüencia halla por premio de su asiduidad, que en el parage de su residencia se ha verificado muchas veces, que siempre que el mercurio, hallándose en la altura de 27 pulgadas y $\frac{1}{2}$, ha ascendido de solas algunas líneas, han seguido los vientos de la parte del Norte, que no tenian lugar algunas horas ántes del ascenso. De esta constante práctica inferimos, que el barómetro puede anunciarnos muchas veces la proxîmidad del viento Norte, ó de sus cercanías en el lugar de nuestra observacion. Si las relaciones de otros observadores en varias partes de la tierra nos aseguran, que en unos parages el mercurio asciende en el tubo de 3, 4 ó 5 líneas algunas horas ántes de un viento Sur, y en otras ántes de un viento de Levante &c., concluiremos en conseqüencia, que la sucesion del viento Norte al corto ascenso del mercurio, no es general como la anterior de las borrascas. Y así será ridículo el pretender, que la elevacion de algunas líneas

del mercurio que en Inglaterra tiene lugar durante el viento Norte, se verifique con un viento de igual parte, quando nos hallemos en un emisferio opuesto. De esto se infiere, que las alteraciones que se indiquen en algunos barómetros para determinados parages de su construccion, no deben servir de regla quando se transporten á otros, y que todo observador debe formarse una tabla particular, para el lugar donde se halla.

293 Á mas de todas las conseqüencias anteriores ha notado nuestro observador, que en los meses del estío, el descenso del mercurio en el tubo precede á las tronadas, y si dichas tempestades sobrevienen inmediatamente á la baxada del mercurio, suelen ser de poca duracion. La misma experiencia tiene lugar respecto á la serenidad, siempre que se verifique á muy corto tiempo despues de la subida del mercurio. Las relaciones de otros observadores deben contribuir á hacer este experimento particular ó general en varias partes de la tierra, y entre otras regiones las Antillas y otras posesiones Españolas en esta parte septentrional de la América, ofrecen un dilatado campo á nuestros marinos para las observaciones de esta especie, en los continuos turbiones ó turbonadas que tienen lugar en aquellos climas durante varios meses del año.

294 Cotejando seguidamente nuestro observador las variaciones advertidas en el barómetro, con las observadas en la atmósfera, podrá formar una tabla de la exâcta correspondencia de las unas con las otras en el lugar de su destino; y si le consta que varias de ellas, como la prediccion de los huracanes y vientos fuertes, se verifican en toda la tierra, las apuntará como generales. De esta forma, con la consulta de dicha tabla, y la inspeccion del instrumento, tendrá un aproxîmado pronóstico de las vicisitudes de la atmósfera en el lugar de su residencia.

295 De todo esto se infiere, que la asidua observacion del barómetro es el medio de sacar mas partido de dicho instrumento, y la única que nos ha evidenciado lo limitado de algunos de sus anuncios, y lo general de otros. De suerte que el observador prudente que quiera hacer uso de semejante invencion, debe atenerse en esta materia solamente á los hechos, sin contar con aquellas hipótesis que no se conformen con ellos. Las hipótesis en esta parte son una explicacion gratuita de los hechos, que variarán á medida que se descubran otros que destruyan las actuales explicaciones. Sin embargo es natural que demos una breve idea de una de las hipótesis con que mejor se ex-

plican semejantes fenómenos, lo qual siempre será conveniente para la ilustracion de nuestro asunto.

296 Mr. Hauxbée procuró formar una corriente de ayre que dirigia al traves de un barómetro por una altura superior al nivel del recipiente, y observó que el mercurio llegó á baxar hasta dos pulgadas durante la experiencia. Este efecto se hace perceptible á largo trecho; porque segun relacion del mismo físico, se notó igual descenso del mercurio en el tubo A B (Lam. VI. fig. 50.) en otro barómetro colocado en los mismos términos que el primero á una distancia de mas de tres pies de este último. Mr. Hauxbée añade, que á medida que disminuía la rapidez de su corriente de ayre, aumentaba el peso de la atmósfera, y en conseqüencia el mercurio volvia á elevarse en el tubo. De esto concluyó Hauxbée, que la extraordinaria fuerza de las ráfagas de viento que se experimentan en los temporales, debe disminuir la presion de la atmósfera sobre el recipiente y causar el descenso del mercurio. Asimismo infirió, que la subita alternativa de las mismas ráfagas que se suceden en las borrascas, motiva y mantiene las vibraciones que se observan en la columna de mercurio en semejantes ocasiones, como vimos art. 291. Segun todo esto se debe inferir, que el extraordinario descenso del mercurio en los temporales, lo causa la violenta fuerza del viento, que aligera la parte de la atmósfera que gravita sobre el recipiente D E. Si esta hipótesis es exâcta, deben anunciarse los temporales por un descenso del mercurio del tubo A B en todos los lugares de la tierra. Esto mismo se verifica en virtud de varias observaciones, y en esta parte, la explicacion dada conviene con la práctica. Vista la dependencia que tiene la baxada del mercurio en el barómetro de la violencia del viento, el sabio Haley pretende dar razon de las vicisitudes de semejante instrumento, sin recurrir á mas causas que á las exhalaciones y á los vientos. Lo substancial de su discurso se reduce á lo siguiente.

297 Los vientos, dice dicho autor, son los que alteran el peso del ayre en un lugar determinado, ya sea trayendo consigo y acumulando una gran porcion de ayre que carga la atmósfera en unos parages mas que en otros, lo que se verifica quando á un mismo tiempo soplan dos vientos de puntos quasi diametralmente opuestos; ya sea por llevarse consigo gran cantidad de ayre y aligerar la atmósfera de una considerable parte de su peso, y facilitarle los medios de extenderse mas; ya en fin disminuyendo y sosteniendo, para decirlo

así, una parte de la presion perpendicular de la atmósfera, lo que tiene lugar siempre que reyna un solo viento de un mismo parage; supuesto que segun acabamos de ver se ha experimentado, que hasta la corriente de un viento artificial aligera la atmósfera, y en conseqüencia hace descender el mercurio, no solo en un barómetro inmediato al sitio en donde se forma la corriente, sino en otro dispuesto á mayor distancia.

Las partículas nitrosas y frias, y el mismo ayre condensado en los paises septentrionales transportado á otro parage, cargan la atmósfera, y aumentan su presion.

Las exhalaciones secas y pesadas de la tierra aumentan el peso y fuerza elástica de la atmósfera, al modo que la disolucion de las sales y de los metales, aumenta la gravedad específica de sus disolventes.

Constituido el ayre mas grave y fuerte por las razones expuestas, queda en disposicion de sostener mejor los vapores que, sobrenadando en su masa y mezclándose íntimamente con la misma, constituyen el tiempo despejado y hermoso: por el contrario, aligerado el ayre en fuerza de las causas opuestas á las anteriores, no puede sostener los vapores de que se halla impregnado, y precipitándose á la parte inferior de la atmósfera, se reunen en nubes, las quales con el discurso del tiempo ocasionan la lluvia. Sentado esto, parece que las mismas causas que aumentan la gravedad del ayre y causan la elevacion del mercurio en el barómetro, nos traen el tiempo bueno y caloroso; y asimismo, que las causas productrices de la ligereza del ayre y de su insuficiencia para sostener elevado el mercurio en el tubo, lo son tambien de las nubes y la lluvia.

En conseqüencia se experimenta. 1.° Que quando el ayre se halla muy aligerado y el mercurio lo mas baxo que es dable en el barómetro, las nubes se ven baxas, y caminan con suma velocidad; quando despues de la lluvia se han disipado las nubes, y la atmófera queda en calma y despejada habiéndose purgado de los vapores, el ayre nos parece sumamente terso, y nos permite descubrir los objetos colocados á grandes distancias.

2.° Quando el ayre es mas grosero, y el mercurio subsiste elevado en el tubo, se experimenta la calma, aunque al mismo tiempo se nos presente el Cielo algo cubierto; porque en este caso los vapores se hallan distribuidos con igualdad: si en semejante circunstancia se descubren algunas nubes, se notan muy elevadas, y caminan con

suma lentitud; y en las ocasiones que el ayre es muy grosero y tardo, la tierra se halla circuida de pequeñas nubes muy espesas, que parece que han sido formadas por el conjunto de las exâlaciones mas groseras, que solo pueden sostenerse en la parte inferior del ayre, y no en la superior, que á la sazon se encuentra demasiado aligerada para el caso.

298 Así el motivo de que en Inglaterra, por exemplo, se mantenga el mercurio elevado á su mayor altura quando el temperamento es muy frio, y el viento que reyna es del Norte ó del Nordeste, consiste en que á la sazon soplan dos vientos de puntos diametralmente opuestos; porque en la latitud correspondiente á aquella Isla reyna un viento del Sudoeste, que se experimenta en el Occeano Atlántico. Ademas, al cúmulo de partículas que amontona el soplo encontrado de ambos vientos, se debe añadir el ayre mas frio y condensado, que trae consigo el viento Norte de las regiones septentrionales.

299 En los paises del norte deben ser las variaciones del barómetro mas sensibles que en los meridionales, supuesto que en aquellos los vientos suelen ser mas variables, violentos y opuestos.

300 Por último se concluye, que entre ambos trópicos en la zona torrida, las variaciones del mercurio deben ser cortísimas, atendida la mayor suavidad de los vientos, y su direccion casi constante en toda ella.

301 Por los exemplos que luego citaremos se nota, que el descenso de algunas líneas de mercurio, de que no se haria caso en Europa, suele anunciar un huracan en algunas partes de la zona torrida. Ateniéndonos á la hipothesis anterior, conviene buscar la causa de esta disparidad, en la rarefaccion del ayre de dicha zona, que lo constituye mas ligero que una masa igual en los paises septentrionales; y por consiguiente se dirá que el nuevo ayre que sobreviene, siendo mas raro, no es tan á propósito para disminuir y sostener una parte de la presion perpendicular de la atmósfera, como lo seria un volumen igual de dicho fluido que corriese horizontalmente en los paises del norte. Á esta razon debemos oponer, que la presion de la atmósfera que debe sostener una nueva corriente de ayre en los climas frios, es tambien mas pesada y densa que otra igual cantidad en la zona torrida; y por consiguiente en el caso de un próxîmo huracan, siempre deberia notarse próxîmamente el mismo descenso del mercurio en ambas zonas. La dificultad que tenemos de conciliar en

está parte los hechos con la hipothesis anterior, debe confirmarnos en lo dicho (art. 295.) acerca de que convenia atenernos meramente á los hechos, por lo que hace á los anuncios del barómetro.

302 Á los mayores usos del barómetro ha seguido la prolixidad de su construccion. En los destinados en tierra se ha atendido principalmente á determinar la relacion entre los diámetros del tubo y del recipiente, á purgar bien de ayre el tubo, y á evacuar quanto sea dable el que encierra el mercurio, todo con las miras de reconcentrar en las solas alteraciones de la atmósfera, las variedades que presentan dichos instrumentos. En la mar, á mas de todas las prevenciones expuestas, ha sido preciso atender á destruir el contínuo ascenso y descenso del mercurio en el tubo B A (Lam. VI. fig. 50.), que tenia lugar á causa de los movimientos del navio, lo qual ademas de impedir la determinacion de su altura en semejantes ocasiones, motivaba la ruptura del barómetro; porque con motivo de quedar perfectamente vacia de ayre la parte superior del tubo C A, el mercurio agitado daba violentamente contra sus paredes. Para prevenir la comunicacion de los movimientos de la nave á dichos instrumentos, se inventó el colocarlos en una suspension de Cardano, semejante á la que se dá á las agujas para que conserven la horizontalidad; por cuyo estilo hay uno en la coleccion de instrumentos pertenecientes á la Real Compañía de Caballeros Guardias Marinas del Departamento de Cartagena. Mr. Bourdè de la Villehuet, ha añadido á la suspension de Cardano, la colocacion de un resorte que amortigue la comunicacion de los movimientos verticales del navio. Pero todas estas invenciones se anularán probablemente, con la introduccion de los nuevos barómetros marinos de hierro del mismo Bourdè, de cuya máquina nos dá dicho autor una amplia explicacion, en el artículo *Barometre* del primer tomo de la parte marina de la Enciclopedia.

303 Atendiendo á que los barómetros marinos se están perfeccionando de dia en dia en Francia y en Inglaterra, y que tanto la escala de su graduacion, como el modo de suspenderlos á bordo, ha de variar segun el método con que estén construidos, esperamos que los principiantes aprueben la determinacion que abrazamos, de no describir los barómetros marinos de que hablan algunos autores que casualmente tenemos á mano. Á mas será dificil que la descripcion de los que traen dichos autores, se adapte á los que use el maniobrista; y siempre suele acompañar á los instrumentos de esta clase una explicacion suficiente de su inventor, mediante la qual todo el que ten-

ga su vista acostumbrada al exâmen de las graduaciones y nonios, comprehenderá fácilmente las finuras de dichas máquinas. Siendo nuestro ánimo de insertar meramente en este tratado los conocimientos que tengan una inmediata conexîon con el exercicio del maniobrista, omitimos tambien el tratar en este capítulo acerca del uso del barómetro para medir la altura de los montes. Para animar á los principiantes á que hagan uso del barómetro en la mar, les presentarémos algunos exemplares que no les dexen la menor duda acerca de su utilidad.

304 En la campaña de la Esquadra combinada del año 1782 el Teniente General de la Real Armada D. Joseph de Mazarredo, que entónces era Mayor General de dicha Esquadra, con el auxîlio de un barómetro prevenia la maniobra de tomar rizos á las gávias en la apariencia mas lisongera del horizonte, á la qual sucedian constantemente dentro de algun tiempo, turbonadas y fuertes ráfagas de viento, con admiracion de quantos ignoraban el oculto movil de semejantes prevenciones.

La certeza de los anuncios del barómetro que se admiró gustosamente en aquel año en la Esquadra de Europa, nos hizo echar ménos dicho instrumento en América en una circunstancia crítica. Don Joseph Solano, Teniente General de la Real Armada, que mandaba la Esquadra combinada en Mayo de 1781 al norte de las Antillas, resuelto á socorrer el exército de tierra en el sitio de Panzacola, dió fondo sobre la costa de dicha plaza, á pesar del riesgo de los fuertes vientos de travesía que en semejante estacion suelen experimentarse en aquella parte de la Florida Occidental. Este accidente tuvo lugar en la mañana del dia 5 de Mayo de 1781, en que toda la Esquadra se vió obligada á dar la vela con pérdida de muchas embarcaciones menores de los navios. Si en semejante caso hubiera habido un barómetro en la Esquadra, probablemente hubiera anunciado el viento con anticipacion, permitiendo dar la vela en buen tiempo, y sin el riesgo que tuvimos en algunos navios de varar á causa de ser la costa muy rasa, de lo qual nos libertó la entrada de un fuerte contraste. El mismo Teniente General D. Joseph Solano acaba de experimentar la utilidad de los barómetros marinos en la última campaña del verano de 1790, en la qual su barómetro le ha anunciado constantemente los temporales, con la anticipacion conveniente para prevenir en la Esquadra de su mando las maniobras necesarias.

Valiéndose de barómetros marinos muy imperfectos en los prin-

cipios, experimentáron su utilidad entre los Franceses Mr. D'Rosnevet y Mr. de V. * Posteriormente confirmáron la utilidad de estos instrumentos las experiencias de otros observadores, como qualquiera podrá ver en el cúmulo de testimonios que nos dan todos los autores que hablan del uso del barómetro en el mar, y singularmente por los que reune el autor del artículo *Barometre* en la parte marina de la Enciclopedia.

305 El uso del barómetro en la mar se extiende á todos los climas; y en conseqüencia extractarémos del artículo *Barometre* de la parte marina de la Enciclopedia las advertencias siguientes, relativamente al diverso modo con que anuncian los barómetros las alteraciones de la atmósfera en varias latitudes.

»En donde los vientos son variables; á saber, entre el trópico de Cancer y el polo Norte, y entre el trópico de Capricornio y el polo Sur, las variaciones del barómetro son de mas de dos pulgadas aunque con algunas excepciones; en Holanda segun Muschenbrock llegan á ser de tres pulgadas. Podria creerse que la variacion total es mayor segun la mayor distancia del equador; pero no sucede así, como puede inferirse de las variaciones observadas en Cadiz, en Brest y Copenague, las quales no se diferencian entre sí en las cantidades que debian corresponder á estas diversas latitudes. Si las variaciones del barómetro fuesen en la zona torrida tan cortas como se ha pretendido, podria concluirse que el mínimo de las tales variaciones se limitaba á dicho espacio esférico. ¿Pero sobre que fundamentos sólidos estriba esta opinion? ¿Es acaso cierto que en todo el espacio comprehendido entre ambos trópicos, ó á lo ménos en una gran parte de su extension, permanece el barómetro estacionario ó en términos que sus movimientos no exceden la cantidad de 3 á 4 líneas? Otras observaciones parece que prueban lo contrario. 1.º El Teniente de Navio Real Mr. N. de R. se hallaba en la mar el dia del huracan que asoló la Guadalupe en 1776, y tanto á dicho Oficial como á los demas que lo acompañaban en sus observaciones les pareció, que su barómetro habia descendido de unas 5 á 6 líneas. Por desgracia este barómetro no era naútico, y las oscilaciones del mercurio eran tan rápidas que la vista no podia seguirlas. 2.º Entresacando de las observaciones de Mr. d'Aymar, Capitan de Navio Real, las hechas entre ambos trópicos, se vé por su tabla, que el dia 25 de Marzo en

* Vease en el primer tomo de la parte Marina de la Enciclopedia, el sugeto que el Autor del artículo *Barometre* pretende representarnos por dicha letra.

los 15° 45′ de latitud norte, y en los 64° 14′ de longitud, siendo el viento del E. N. E. fresco, y estando el cielo despejado, el barómetro se hallaba á la altura de 28 pulgadas 5 líneas $\frac{3}{4}$; y que en otras ocasiones solo se mantenia á la altura de 28 pulgadas: advirtiéndose una diferencia de 5 líneas $\frac{3}{4}$ sin que la embarcacion hubiese experimentado tiempos forzados. En conseqüencia es probable que el barómetro de M. N. de R. ha podido baxar de 5 á 6 líneas de la altura de las 28 pulgadas en el huracan de 1776; y en semejante caso ya tenemos que aun en la misma zona tórrida el barómetro corre el espacio de 11 á 12 líneas. Yo creo que esta variacion solo debe experimentarse en los tiempos extremos, como sucede con la variacion de 2 pulgadas en nuestro clima; ¿pero que le hace el que dichos tiempos se señalen por el descenso de 12 líneas, ó por el de 24? lo interesante es saber el modo con que se anuncian.

En quanto á los pequeños tiempos, á saber, aquellos que se señalan por cortos descensos, y que aunque no pronostican unas grandes variaciones en la atmósfera pueden ser sin embargo útiles á los navegantes, se anuncian segun las apariencias por solo un ascenso ó descenso de 2 líneas sobre las 28 pulgadas, á lo ménos esto es lo que me han asegurado varios, y entre otros Mr. N. de R.; pero este mismo sugeto añade, que no por esto dexan de preveerse las variaciones de la atmósfera. Por el espacio de mas de 6 meses, dice el sugeto citado, que permanecimos despues del huracan de la Guadalupe, ya en la rada de la Pointe á Pitre, ya en la de la Base-terre, experimentamos toda suerte de tiempos, los quales preveiamos en los términos insinuados. En efecto, si el movimiento del mercurio es solo de 4 líneas en lugar de 24, todo se rèduce á que un sexto de línea indique en la zona tórrida, lo que una línea indica en la nuestra.

Para borrar toda duda acerca de la utilidad de los barómetros entre ambos trópicos, puede verse á mas lo que dice en su diario Mr. de L. J., y es: que habiéndose mantenido bastante tiempo la fragata l'Engageante entre los grados 15 y 25 de latitud, para señalar despues de repetidas observaciones el mayor ó menor descenso del mercurio segun los varios estados de la atmósfera, se notó particularmente en la rada du Cap, hácia los fines de Mayo, en cuyo tiempo suelen principiar los huracanes en las Antillas, que los dichos los anunciaba el descenso de media, una, ó una y media línea del mercurio."

306 El autor del artículo *Barometre* sigue así, en satisfaccion

de los reparos que algunos pueden oponer acerca de la utilidad de los barómetros.

„Los sugetos que desprecian la utilidad de semejantes instrumentos, se explican en estos términos: todo buen Marino prevee las variaciones del tiempo por la inspeccion del estado del horizonte, del cielo y del mar, en los mismos términos que pudiera preveerlo con el auxîlio de los mejores barómetros. Yo respondo á esto: que en los exemplos citados en este capítulo se han visto muchas pruebas de todo lo contrario; pues los sugetos de mucha práctica que juzgaban por el estado de la atmósfera, despreciáron los anuncios del barómetro, ó á lo ménos no receláron la alteracion de tiempo que el éxito confirmó despues.

En 2.° lugar, aun quando diésemos por sentado que algun Marino distinguiese en el horizonte algunas señales, que se encubren á los otros, solamente se seguiria que los barómetros que resultarian superfluos para un sugeto de esta clase, serian utilísimos á todos los demas que tienen la modestia de reputarse ménos privilegiados, y que saben muy bien los desastres que han experimentado los observadores mas diligentes y prácticos, con motivo de no haber podido preveer las alteraciones de la atmósfera.

Sin embargo, demos el caso que algun dia puedan preveerse todas las mudanzas del tiempo, por la mera inspeccion de lo que nos presenta el horizonte. Pregunto yo, ¿por que otro medio sino por el uso del barómetro se puede adquirir semejante conocimiento?

Para llegar, si es posible, á este estado de perfeccion, se tendrá presente el estado de la atmósfera quando el barómetro nos dá este ú otro anuncio, y en conseqüencia de la variacion que sobrevenga se podrá juzgar en otras circunstancias, de la relacion que tienen las señales que nos presenta el horizonte con los anuncios del barómetro y alteraciones del tiempo. Una larga práctica me persuade en que jamas se llegará á este grado de conocimiento, á lo ménos para todos los casos, y sobre todo para los anuncios anticipados de muchas horas, y de uno ó mas dias, que tanto convienen á los navegantes para no dar la vela de un puerto, ó para anclar en él. Mis propias observaciones y la comparacion que he hecho con las recogidas de otros, me han confirmado en que las variaciones de tiempo mas interesantes á los navegantes, toman ordinariamente su principio, á distancia de muchas leguas de los límites del horizonte que puede descubrirse del lugar en donde despues se manifiestan; sin em-

bargo el barómetro las anuncia en el instante de su orígen: á saber, ántes que pueda tenerse el menor indicio por la inspeccion de la atmósfera en el parage donde uno se halla."

El autor del artículo *Barometre* sigue despues dando nuevos testimonios de la utilidad de los barómetros, y cita las Transacciones Filosóficas de 1733 pag. 191, donde se halla una carta de Mr. Cristophe Middleton á Mr. Benjamin Robins, en la qual este célebre Marino dice substancialmente, que en su viage á la bahía de Hudson, el barómetro marino de Mr. Patrick le señalaba los malos tiempos, la variedad del viento, y hasta la cercanía de los yelos.

LIBRO SEGUNDO.

DE LA APLICACION DE ALGUNOS PRINCIPIOS de mecánica á varias maniobras.

CAPÍTULO I.

Del áncla y medios conducentes para sujetarla.

307 Sentados los principios del art. 36. y siguientes acerca de la composicion y descomposicion de las fuerzas, pasarémos á considerar los efectos de varias fuerzas obliquas que se aplican á bordo, y primeramente los que la direccion del cable origina contra el áncla. Pero ántes exâminarémos las diferentes posiciones que puede tener la caña del áncla, quando descansa en el fondo sobre el extremo de una de sus uñas. Represente D A E B (Lam. IX. fig. 74.) la posicion del áncla en la circunstancia de estribar en el fondo sobre su uña E, de suerte que D A E B coincida con un plano vertical. Sea B J la direccion horizontal de la parte del cable mas próxîma al arganeo. Baxo estos supuestos si prescindimos de la ligereza del zepo de madera B, no hay duda en que la caña A B, hallándose suspendida del suelo toda la cantidad Q A en su cruz A por la longitud de su brazo A E, tomará la inclinacion A B de dicha figura, descansando en el suelo sobre el arganeo ú otro extremo B. Si en vez de suponer que el cable llama horizontalmente, suponemos que toma la direccion B K, de la Lam. X. fig. 75., inclinada al horizonte, tendremos que en virtud de la fuerza vertical B H, procurará suspender del fondo su arganeo B. A lo mismo contribuye la ligereza del zepo que siendo

de madera, procura suspenderse del fondo por el empuje del agua, y hace el efecto de una potencia que obrase en B de abaxo arriba para elevar el extremo de la caña, y darle la situacion horizontal de la figura. *

308 Habiendo descompuesto en la Lam. X. fig. 75. la direccion obliqua del cable B K en la vertical B H y la horizontal B J, como la primera obra siempre de abaxo para arriba, se sigue: que en todas las descomposiciones que se hagan de ella respecto al brazo A E del áncla, procurará arrancarla del fondo en caso de haberlo tomado, ó suspenderla é impedirle que lo tome quando gravite simplemente sobre él. Por consiguiente debemos reputar como enteramente contraria para la seguridad del áncla la parte vertical de la fuerza del cable; y por tanto conviene disminuirla por los medios que luego insinuaremos. No sucede así con la fuerza horizontal B J; su direccion se confunde con la caña A B, y como esta es obliqua al brazo A E, se sigue que si la representamos por la cantidad A *r*, podrá descomponerse en la *r q* perpendicular á dicho brazo, y en la A *q* paralela al mismo; la primera perjudica á la sujecion del áncla, y solo esta última puede serle favorable, haciéndola profundizar mas en el fondo en caso de haberlo cogido, ó facilitándole el que lo tome, ya sea combinándose con el peso de la misma áncla, ó ya al favor de las desigualdades que ofrece el terreno al tiempo que el áncla arrastra sobre él. El Abate Saury en el 5.° tomo de su Curso de Matemáticas y en el 19 de sus Problemas Físico-matemáticos, suponiendo que la caña del áncla toma la situacion horizontal de la Lam. X. fig. 75., y que la direccion del cable se confunde con la misma, concluye que entre los varios ángulos que puede formar el brazo A E con la caña del áncla, el mas ventajoso para mantener el fondo es el de 45°. Mr. Rommé en el cap. 9. y art. 122. de L'art de la Marine, imaginando tambien horizontal la direccion B J (Lam. IX. fig. 74.) del cable junto al arganeo, pero suponiendo la caña del áncla inclinada al horizonte en los términos de dicha figura, concluye que el ángulo de los brazos con la caña mas propio para el máxîmo efecto es el de 60°. No es de nuestro intento el manifestar las suposiciones arbitrarias que conducen á ambos resultados; y para nuestro asunto basta que nos conste, que toda direccion vertical del cable es contraria para la sujecion del áncla, y al contrario le es favorable

* Las maderas con que ordinariamente se construyen los cepos de las ánclas no flotan en el agua; y en dicho caso no tiene lugar nuestra reflexîon.

toda direccion que llame la caña desde la horizontal inclusive para abaxo.

309 Por poco que reflexîonemos en la Lam. X. fig. 75. veremos que la fuerza vertical del cable B H, contraria á la sujecion del áncla, obrará para arrancarla del fondo con una ventaja proporcionada á lo mas largo de la caña A B, y por tanto su extraordinaria longitud debe reputarse, en esta parte, como perjudicial. Por otro lado no hay duda en que la mayor longitud de la caña es conveniente para que su direccion procure tomar la situacion horizontal A B de la Lam. X. fig. 75., disminuyendo en quanto sea dable el ángulo A B E (Lam. IX. fig. 74.) que forma con el fondo. Esta alternativa de contrariedad y ventaja para la sujecion del áncla que nos procura el mismo tamaño de su caña, puede servir de regla á nuestros lectores, para que suspendan la ligereza de sus decisiones en el particular, y guien sus reflexîones por lo que pertenece á las demas partes del áncla.

310 Hemos visto que el cepo contribuía por su ligereza á levantar el extremo del arganeo del áncla, y á darle á su caña la situacion horizontal de la Lam. X. fig. 75.; * pero este servicio del cepo es de cortísima importancia, si se compara con el que vamos á manifestar. Si el áncla no tuviese zepo (Lam. X. fig. 76.) sucederia que descansando horizontalmente en el fondo sobre su cruz B, los dos brazos A B, B D y la caña B E, quedarian apoyados á lo largo de un plano horizontal, y la fuerza E H del cable que obra en dicha direccion, no contribuiria á hacer rotar el áncla, y á colocarla en un plano vertical, haciéndola estribar contra el fondo sobre las puntas D, ó A, de una de sus uñas. Para el efecto se dispone al extremo E de la caña (Lam. X. fig. 77.) el cepo M N perpendicular á dicha caña, y á la cruz A B D del áncla. De esta disposicion resulta, que quando el áncla descansa en el fondo sobre su cruz B, apoya tambien sobre el fondo el extremo N del cepo, y su longitud N E le da á la caña B E una direccion inclinada al horizonte, y la coloca en un plano vertical. En esta circunstancia la fuerza horizontal del cable E H es obliqua á dicho plano, y si suponemos el centro de gravedad del áncla en C, pasa á la distancia C L de dicho punto, y hace girar el áncla (art. 362.) colocando el cepo M N en el plano horizontal del fondo, y haciendo apoyar verticalmente el áncla sobre los extremos A, ó D de una de sus uñas. Al mismo efecto contribuye con mayor

* Véase la nota del art. 307.

momento la resistencia del fondo que obra contra el cepo segun la N Q, quando el navio arrastra el áncla de Q para N.

311 De todo lo dicho se debe inferir, quanto conviene para mantener sujeta el áncla, el procurar que la direccion segun la qual trabaja el cable resulte horizontal en la mayor cantidad posible. En la misma profundidad como B H (Lam. X. fig. 75.), la direccion del cable se acercará tanto mas á ser vertical, quanto mas cerca esté el navio del áncla, y al contrario se aproxîmará á ser horizontal á medida de lo mas lejos que esté de ella. De suerte que la posicion de estar á pique, ó sobre la misma áncla, será la peor para que la dicha mantenga el fondo, y será la mejor para el efecto el que el navio diste de ella lo mas posible. Por esto es excelente la práctica de arriar cable, y mantenerse separados de la boya quanto lo permiten las circunstancias.

312 En virtud de todo esto, nos es fácil el dar razon de lo expuestas que están las ánclas á garrar en los puertos de crecidas mareas, particularmente si la corriente de las aguas al tiempo de la baxa mar es considerable. En efecto, como el fondo va aumentando segun crece la marea, aumenta el ángulo K B J (Lam. X. fig. 75.) que la direccion del cable forma con la línea horizontal, acercándose á formar con la dicha un ángulo recto; por este medio disminuye la fuerza horizontal del cable y aumenta la vertical todo el tiempo que las aguas crecen. El aumento de la fuerza vertical contribuye, como hemos visto, á remover el áncla del fondo, y así este movimiento contrario á su sujecion, ha tenido lugar durante la creciente. En el momento que las aguas menguan, se afloxa el cable, y la corriente de las aguas haciendo presa en el dicho, orinque, boya y áncla, trabaja para arrastrarla con la ventaja de hallarla removida. En las costas donde las mareas son extraordinarias, los fondeaderos formados por la desembocadura de los rios están expuestos á semejantes accidentes; porque á mas de la altura á que se elevan las aguas creciendo, se añade á su corriente en la menguante, la del rio que ha estado detenida por largo espacio.

313 La elevacion del agua con motivo de las mareas, perjudicial á la sujecion del áncla, como acabamos de ver, nos proporciona un medio fácil para suspenderla con el mismo buque. Para esto basta ponerse con el navio á pique del áncla ántes de la pleamar; y despues de tesar bien el cable y tomarle doble vitadura, se debe tener la seguridad de que faltará el cable, ó saldrá el áncla.

314 En defecto de las mareas, podemos recurrir á los medios de capuzar el navio cargándolo con mayores pesos en su proa, y tesando el cable con toda fuerza, se le toma doble vitadura como en el caso anterior. Hecho esto, se pasará á popa toda la carga posible; y en estas circunstancias debemos tambien esperar la falta del cable, ó la suspension del áncla, con una probabilidad correspondiente al mayor aumento y aligeramiento de pesos efectuados en la proa.

315 Á igual causa debemos referir el recurso práctico que suelen tomar los marineros quando trabajan con la lancha en la suspension de un anclote. En las ocasiones en que se necesita grande esfuerzo se suele pasar toda la gente á proa de la lancha, y efectuando en dicha parte varios saltos todos los marineros á un tiempo, obligan el áncla ó anclote á que pierda el fondo.

316 La práctica de arriar cable y de mantenerse separados de la boya quanto es posible, que dimos por muy conveniente para la sujecion del áncla en el art. 311., incluye otras ventajas ademas de las insinuadas en dicho artículo. Consideremos para esto la Lam. X. fig. 78.; en ella veremos que el cable B E D, por razon de su peso, forma un seno cuya parte B E frota sobre el fondo. En tal caso, el esfuerzo con que el navio impelido por el viento y la mar procura arrastrar el áncla, se disminuye por la resistencia que opone la frotacion del cable sobre el fondo á lo largo de B E. El efecto de este frotamiento se puede considerar del mismo modo, que quando una cuerda larga arrastra contra el suelo; en cuyo caso una pequeña piedra colocada en un extremo basta para dificultar el movimiento que se le intenta dar tirándola por el otro: porque la sola resistencia que opone el suelo al movimiento, por razon del roce de la cuerda, forma de por sí un grande obstáculo. Se ve, pues, que quanto mas cable haya fuera, formará tanto mayor seno, y tendrá tanta mas extension la parte B E que frota sobre el fondo. Esta ventaja del mayor seno puede conseguirse, sin la necesidad de arriar mucho cable, distribuyendo varios pesos á lo largo de su extremo E B. Esta práctica puede ser conveniente en los fondos muy sueltos que en la marina se comprehenden baxo los nombres de *malos tenederos*; pero tendrá el inconveniente de exponer el cable á romperse por el frotamiento contra el fondo, particularmente si este fuese de conchas ú otros cuerpos dispuestos para cortarlo; cuyo inconveniente es preciso precaver muchas veces disponiendo su forro. Quando por esta ú otra razon semejante se quiera suspender la parte B E del cable, impidien-

do su roce contra el fondo, se le amarran algunos barriles vacíos por medio de algunos cabos de una longitud proporcionada á la profundidad del fondo. De esta suerte la menor gravedad de los barriles que los mantiene boyantes en el agua, suspende por precision el seno B E del cable.

317 Hemos visto que quanto mas léjos esté el navio del áncla, la direccion con que trabaja el cable se acerca mas á la horizontal en todas sus partes; por consiguiente su fuerza se opone mas directamente al movimiento del navio: por el contrario quanto mas cerca está del áncla, el cable trabaja mas verticalmente, y entónces gran parte de su resistencia se pierde. Supóngase que O D manifieste el esfuerzo que recibe el navio para retroceder: la diagonal P D manifestará el esfuerzo con que el cable debe resistir. Si dicha porcion P D entrase horizontalmente por el escoben D, coincidiria con el esfuerzo O D que recibe el navio, y una cantidad de cable igual á O D expresaria la resistencia suficiente para sostenerle; pero como entra con inclinacion, la parte P D resulta diagonal de un paralelogramo, y así permaneciendo la misma fuerza O D, la resistencia P D del cable que debe contrastarla, ha de crecer segun lo mas verticalmente que se dirija á su entrada por el escoben D.

318 La mayor longitud del cable contribuye tambien á su mayor resistencia, por la facilidad que tiene de extenderse; bastando esta extension en muchas circunstancias para evitar su falta, dando tiempo para amortiguar los esfuerzos con que procura retroceder el navio. Un cable corto no admite mayor dilatacion, y es muy contingente el que se rompa quando sufre un grande esfuerzo; porque entónces debe sostener dicho esfuerzo de repente, y como de un golpe. Por el contrario, el cable dos ó tres veces mas largo resiste por grados, y se alarga muchos pies ántes de experimentar el menor riesgo. De suerte que alargándose hace resistencia poniendo en obra su fuerza elástica, y las sacudidas y esfuerzos del navio se consumen ántes de que el cable adquiera toda la extension de que es capaz. De modo que un cable quando es muy largo se parece á un resorte, parte de cuya fuerza se emplea en ceder con facilidad, y en grangear la situacion primitiva quando falta el obstáculo.

319 Indicada la mayor seguridad que resulta al áncla por las razones expuestas, se presentan naturalmente los buenos efectos que dimanan de la providencia de engalgar las ánclas en muchas ocasiones. En la práctica de dicha maniobra suele procederse con variedad

segun las circunstancias; pero en suma se reduce, á tender en ayuda del áncla un anclote, á cuyo arganeo, ó se entalinga un calabrote que se abarbeta á la cruz y cable del áncla y se le da fondo ántes que á esta última, ó se le aplica un orinque ayustado al de la misma áncla. De qualquiera de estos dos modos que supongamos tendido el anclote delante del áncla, debemos considerar que en el caso de haber perdido el fondo la dicha y quedar sobre el anclote, no es fácil el garrar; porque el extraordinario peso del áncla suspendida descansa sobre el fondo, y obliga á que el cable y calabrote formen mucho seno, el qual roza en el fondo como en la Lam. X. fig. 78. Ademas, aquella especie de reaccion con que á modo de un resorte hemos supuesto que resiste el cable la fuerza del navio, se halla aumentada sobremanera por la interposicion del áncla, al traves de la qual es preciso que se comuniquen al anclote los esfuerzos del navio, que indispensablemente han de llegar sumamente amortiguados por la longitud del cable, calabrote ú orinque, y peso intermedio del áncla.

320 Hasta aquí hemos visto las ventajas que procura á la sujecion del áncla y resistencia del cable, la mayor extension de este; ahora consideraremos brevemente las otras que nos resultan de esta misma práctica para que un buque padezca ménos, y acaso para evitar su pérdida, aun dadas las circunstancias de no garrarle su áncla, ni faltarle el cable. Supongamos como ántes, que la fuerza con que los golpes de mar impelen el navio se representa por O D (Lam. X. fig. 78.): la direccion segun la qual el cable resiste por P D: esta, como obliqua, la podemos descomponer en la horizontal P Q, y la vertical D Q; esta última tirará á sumergir la proa del navio con tanta mas fuerza, quanto mayor sea el impulso de los golpes de mar sobre dicha proa. La expresion de la misma fuerza D Q se ve tambien que aumentará, segun que la direccion del cable se aproxîme mas á la vertical al entrar por el escoben. De suerte que la fuerza horizontal P Q con que el cable sujeta el navio, y la D Q con que tira á sumergir su proa serán iguales, quando el cable entre por el escoben formando un ángulo de 45° con la línea horizontal. Si el cable es mucho mas largo y está mas tendido, la fuerza vertical se hallará muy disminuida, y habrá ménos riesgos que recelar. Quando el cable entra muy próxîmamente á la direccion vertical por el escoben, entónces el roce que el canto de este ofrece á la circunferencia del cable, sirve como de sierra para cortarlo en las sacudidas y olfa-

das del navio ; lo que asegura el que el navio pueda jamas sumergir su proa en virtud de la fuerza vertical D Q, faltando el cable ántes que dicho efecto pueda tener lugar. Para evitar este roce, se forran los cables en dicha parte, y sirve tambien para el efecto, la colocacion del molinete de que hablamos en el art. 175. del capítulo del cabrestante.

321 En este lugar conviene que no pasemos en silencio las ventajas que pueden resultar á algunos buques anclados, á causa de la distinta colocacion de sus escobenes. En las fragatas, por exemplo, si se disponen los dichos en los entrepuentes, se consigue el mayor desahogo de la batería, trasladando á la cubierta inferior la maniobra del cabrestante y de las vitas. Pero principalmente refiriéndonos á nuestro asunto se logra que, entrando el cable mas baxo, se aproxîme mas á la direccion horizontal la fuerza con que sujeta al buque, y en conseqüencia hay ménos riesgo en la inmersion de la proa del dicho, y la falta del cable. Á pesar de estas ventajas conviene tener presente que, quando hay mucha mar, la disposicion inferior de los escobenes ofrece un inconveniente para la entalingadura de las ánclas, á causa de hallarse medio sumergidas las proas de las fragatas, no solo quando se ofrece prevenirse para entrar en el fondeadero en ocasiones de mares grandes, sino dentro del mismo puerto con las mares de leva. Por otro lado, unas aberturas tan grandes, aunque se formen lo mas elevadas que sea dable en el entrepuentes, exîgen mucho cuidado, y deben tenernos en algun sobresalto en muchas ocasiones.

322 Ántes de terminar este capítulo conviene hacer ver, que los cables igualmente largos tirados en el sentido de su longitud, resisten como los quadrados de sus circunferencias : lo que se debe entender quando dichos cabos estén trabajados con las prevenciones debidas. La Lam. X. fig. 79. representa dos cabos. Cada uno de sus hilos como *a c*, A C opondrá cierta resistencia, y esta aumentará segun aumente el número de los hilos, y la cantidad de estos formará las superficies de los círculos *a b*, y A B. Luego la resistencia del cabo mas grueso A B Q, será á la del mas delgado *a b q*, como la superficie del círculo A B á la del círculo *a b*; pero las superficies de los círculos están como los quadrados de sus diámetros, y estos están como las circunferencias ó periferias; luego la resistencia del cabo A B Q será á la de *a b q*, como el quadrado de la circunferencia A B al quadrado de la *a b*.

CAPÍTULO II.

De la figura de los palos, masteleros y vergas, y de la direccion con que el viento exerce sus esfuerzos sobre ellos.

323 Antes de insinuar la figura que conviene dar á los palos, masteleros y vergas, es preciso que reflexîonemos brevemente acerca del modo con que resisten los cuerpos sólidos, quando se intenta romperlos por medio de una ó muchas potencias que obran perpendicularmente á su longitud. La exâcta determinacion de esta resistencia ofrece muchas dificultades que la sola práctica puede aclarar. Pero prescindiendo de una rigurosa exâctitud podemos concluir, que dos maderos compuestos de capas ó láminas de figuras semejantes, como los representados en la Lam. X. fig. 79. resisten en razon de los cubos de los diámetros de su espesor ó grueso.

Supongamos para esto que A B Q, *a b q*, nos representen dos secciones de dos maderos cilíndricos hechas á lo largo de su diámetro mayor. Fíxense dichos maderos horizontalmente en sus puntos A y *a*, y cárguense en los otros extremos de los pesos P y *p* que obran verticalmente sobre los puntos superiores Q y *q*, y en virtud de cuyos pesos supondremos que tiran á romperse rotando sobre los puntos N y *n*. Primeramente tenemos que, á causa del espesor ó total número de fibras longitudinales de cada madero, sus resistencias estarán como los quadrados de sus diámetros A B, *a b*, ó M N, *m n*: esto es, como MN^2, mn^2. Pero ademas, las fibras M y *m*, y otras qualesquiera resistirán á la ruptura, segun lo mas que disten de los puntos N y *n*, que consideramos como el hipomoclion ó punto fixo de su rotacion; y tomando el medio de todas las fibras ó centros de gravedad O y *o*, como la distancia media de todas ellas á los puntos N y *n* (á causa de que toda la cantidad que distan mas de N y *n*, las fibras superiores á O y *o*, distan tambien ménos las inferiores), tendremos que todas las fibras harán el mismo efecto que si estuviesen reunidas en sus centros de gravedad O y *o*; y por tanto á causa de sus distancias á N y *n*, resistirán segun los radios O N, *o n*, ó los diámetros N M, *n m*. Luego si por razon de solo el número de fibras longitudinales sus resistencias estaban como MN^2, mn^2, y ahora por razon de las distancias de sus centros de gravedad á los puntos N y *n*, están como los simples diámetros M N, *m n*, se sigue que reuniendo ambas razones, las resistencias de

los tales maderos estarán como $M\ N^3$, $m\ n^3$, (art. 26.)

324 La figura de los palos, masteleros y vergas, depende de los esfuerzos que deben experimentar en sus diversos puntos. Porque á la verdad resultarian grandes inconvenientes de dar á los masteleros igual grueso en la espiga que en la coz; y de hacer de igual espesor las cruces y penoles de las vergas; quando por otro lado los menores esfuerzos que los masteleros sufren hácia sus espigas, y las vergas hácia sus penoles, permiten disminuir la solidez de dichas partes.

Represente H J en la Lam. X. fig. 80. el palo mayor; J G el mastelero; A D la vela de gávia; A B su verga hizada hasta el punto G. La vela impelida por el viento exerce parte de sus esfuerzos contra el mastelero obrando en el punto G. Supuesto esto, represente M Q (Lam. XI. figur. 81.) el mastelero; Q su punto de apoyo; M N la direccion del esfuerzo de la gávia colocada en M. En este caso podemos considerar el mastelero como una verdadera palanca (art. 103.); y si la fuerza de la gávia la hacemos $=f$, tendremos que las secciones A, B, C del mastelero sufrirán esfuerzos proporcionales á sus distancias al punto M. En efecto sobre la seccion A, actuará un esfuerzo $=f \times A\ M$; sobre la B, uno $=f \times B\ M$; sobre la C: uno $=f \times C\ M$; y quitando el factor comun f de las expresiones de todos estos esfuerzos, quedarán como M A, M B, M C. Por consiguiente las resistencias destinadas á contrastarlos en los mismos puntos, serán tambien como M A, M B, M C; pero acabamos de ver que las resistencias en los cuerpos sólidos compuestos de secciones semejantes, son como los cubos de sus diámetros; luego los cubos de los diámetros de las secciones en A, B, y C, deberán ser iguales á las distancias M A, M B, M C; y la raiz cúbica de estas distancias al punto extremo M, nos dará el diámetro de dichas secciones. De suerte que si A dista un pie de M, esto es, si $M\ A = 1$, el diámetro de dicha seccion será $= 1$; si B dista 8 pies de M, el diámetro de B será $= 2 = \sqrt[3]{8}$; si C dista 27 pies, su diámetro será $= 3 = \sqrt[3]{27}$, y para concluir el diámetro del espesor que corresponde á una seccion circular del mastelero en qualquier otro punto, basta sacar la raiz cúbica de su distancia á M.

325 Hemos supuesto la seccion A distante 1 pie de M, y que su diámetro era igual 1; el diámetro de la seccion B, distante 8 pies de M, nos ha resultado $= 2$; y el de la seccion C, distante 27 pies

de M, nos salió $= 3$. Luego quando la vela arriada en B, conserve la misma fuerza absoluta f, el mastelero opondrá una resistencia 8 veces mayor que ántes; porque estando las resistencias como los cubos de los diámetros; y siendo el diámetro en A $= 1$, tendremos que la resistencia que resulta de estar la vela en A, á estar en B, será como $1^3 : 2^3$: esto es, :: $1 : 8$. Por la misma razon, quando la vela esté arriada en C *sobre los socos*, como suele decirse, la resistencia del mastelero en esta situacion resultará tambien 27 veces mayor que quando esté en M; pues será la resistencia quando esté en A, á la que tiene estando en C, :: $1^3 : 3^3$, ó como $1 : 27$.

Quando á las velas se les toman una, dos ó tres andanas de rizos, la verga queda arriada necesariamente, y la resistencia del mastelero aumenta por esta sola razon; pero ademas la fuerza absoluta f de la vela se ha disminuido próxîmamente, á proporcion de su menor superficie; y así por la reunion de ambas causas, el mastelero se halla en estado de resistir muchísimo mas que ántes. Ambas ventajas se le procuran al mastelero, con el mero acto de arriar la vela; pues la mayor curvidad que la dicha adquiere, disminuye su esfuerzo absoluto como en adelante veremos.

326 En quanto hemos reflexîonado hasta aquí acerca de las distintas resistencias que deben oponer los palos y masteleros en sus varios puntos, y de la figura que debe darseles para que se verifique esta ley, solo hemos contado con que estando perfectamente sujetos en su parte inferior Q (Lam. XI. fig. 81.) obraba únicamente en el punto M, y de M para N, la fuerza de la gávia, ó de otra qualquiera vela en viento; baxo este mismo supuesto, se han indicado las precauciones de arriar las velas, como á tan esenciales para la mayor seguridad de los palos y masteleros en las circunstancias de los vientos fuertes. Por poco que reflexîonemos en el asunto, comprehenderemos que la fuerza con que la xarcia sujeta dichas piezas debe variar notablemente todo lo establecido.

Represente A H (Lam. XI. fig. 82.) un mastelero fixo en su coz H; A B indique la direccion con que la parte horizontal de la fuerza de la xarcia (art. 337.) lo sujeta de proa para popa, obrando en el extremo A de su encapilladura; C D manifieste la fuerza con que una gávia arriada hasta el punto C de la mediania del mastelero, procura inclinarlo de popa para proa en un sentido opuesto al de la xarcia. Si á causa de la buena calidad de la xarcia, y de la extrema tension que se le ha dado, podemos suponer que el mastelero está

firme en A, con motivo de obrar de A para B el obstáculo invencible de la xarcia, en tal caso tendremos que hallándose perfectamente sujeto en su otro extremo ó coz H, la palanca A H ya no será de la clase de primera especie (art. 73.) como se ha dicho anteriormente; y en conseqüencia de lo que queda probado en el artículo 96, trabajando la fuerza de la vela en la medianía C, procurará romper con igual fuerza las secciones de los brazos C A, y C H, equidistantes del punto C. En semejante caso en virtud del menor diámetro que se dá á los palos y masteleros en su parte superior C A, respecto á la inferior C H, resultará que esta última resistirá mucho mas á la ruptura, y los masteleros y palos estarán expuestos á romperse á lo largo de su parte superior C A.

Si en vez de tener la gávia arriada hasta C, la tenemos hizada en M, será mas corta la palanca M A, y por lo que pertenece á esto, habrá ménos riesgo de que falte por la parte superior M A; de suerte que quando se pudiese dar el caso de que la fuerza de la gávia obrase segun la A L, igual y diametralmente opuesta á la resistencia A B de la xarcia, quedaria destruida toda rotacion, y el mastelero al abrigo de todo riesgo. Para que esto se verificase seria menester que la xarcia no diese de sí lo mas mínimo, á fin de poder conceptuar su obstáculo en A como á invencible.

Aunque desde luego no debemos contar con esta última suposicion en el modo ordinario con que suele tesarse la xarcia á bordo, sin embargo no podemos dexar de conocer que la xarcia se dispone en las embarcaciones para la seguridad de los palos; y en conseqüencia ha de producir los efectos de la fuerza A B, con la diferencia de mas ó ménos, relativamente á su calidad, diferente grado de torcido, y mayor ó menor tension que se le dé. En virtud de esto se vé que en el caso de un viento fresco, la precaucion de arriar la gávia hasta un punto como C, puede ser perjudicial á la seguridad del mastelero, exponiéndole á que se descabeze, ó falte por la parte superior C A. Este accidente deberá recelarse á medida de la mayor tension dada á la xarcia. Quando se arria una vela, disminuimos su esfuerzo C D, á causa de la mayor curvidad que la dicha adquiere como veremos (art. 399.). Por lo tanto esta diminucion que padece la fuerza de una vela arriada, puede poner al abrigo de todo riesgo el total del mastelero, y autorizar dicha práctica. Si la xarcia en vez de obrar en el extremo A del mastelero, obrase en M, disminuiria la extension del brazo de palanca C A, y habria ménos riesgo de

que se rompiese. Á este efecto puede contribuir el uso de emendar los brandales volantes, ó de quita y pon, en las circunstancias de arriar las velas, particularmente quando se les han tomado rizos.

327 Siempre que se verifique que los palos y masteleros falten por su parte inferior, y en términos que nos aseguremos que este accidente ha tenido lugar á causa de obrar la fuerza de una vela en viento por el estilo establecido en el art. 324., debemos inferir que en semejante caso, léjos de considerar la xarcia que obra en A (Lam. XI. fig. 82.) como á un obstáculo invencible, la dicha ha cedido irremediablemente dando lugar á la ruptura. En la práctica general se observa que á los desarbolos ocurridos por el estilo indicado, ha precedido la falta de la xarcia; comunmente por no haberse tesado en los términos convenientes, ó á causa de lo mucho que dá de sí por su clase de torcido (art. 354.). Esta reflexìon nos impone el prolixo cuidado que debemos tener en tesar la xarcia á medida de lo que se arrie, á fin de que quede siempre en la disposicion mas acomodada para la seguridad de la arboladura.

En las circunstancias en que se verifique el descabezo de los masteleros en los términos indicados en el art. 326. debemos contar con el obstáculo invencible de la fuerza A B (Lam. XI. fig. 82.) de la xarcia; y en conseqüencia es indispensable atender á que la dicha no quede tan tirante, de suerte que incline y arquee los palos por la sola fuerza de su tension, desviándolos de la situacion vertical que deben conservar.

328 Pasemos ahora á considerar la figura que deben tener las vergas. En los masteleros todo el esfuerzo de la vela se exerce en uno de sus puntos; pero en las vergas sucede muy al contrario. En efecto como la vela está afirmada por los embergues á lo largo de la verga, los esfuerzos de aquella se distribuyen todos á lo largo de esta última; y suponiendo en la Lam. X. fig. 80. que el mastelero J G divida por mitad la anchura de la vela y largo de la verga A B, tendremos que comprehendiendo un mismo número de esfuerzos iguales las partes G B, y G A, el centro ó reunion de todos ellos se deberá considerar en G, que es el medio de la verga: y por consiguiente la mayor resistencia ó espesor de la verga deberá ser en su cruz ó mitad G. Tomemos ahora otro punto N distante del penol B la mitad del largo del brazo G B; dicho punto será centro de todos los esfuerzos iguales comprehendidos entre N B, y N G; ó de todo G B. Los tales esfuerzos serán mitad de la suma total de los dis-

tribuidos en todo B A, que actuan en G. Luego por esta sola razon la resistencia en N debe ser mitad de la resistencia en G: ademas los brazos de la palanca, ó las distancias N B, N G, del punto N, á los extremos B y G, son solo la mitad de las distancias G B, y G A, de G á los penoles A y B. Luego por esta última razon sola, las resistencias en N deben ser tambien mitad de las que deben residir en G; y reuniendo ambas razones (art. 26.) las resistencias en N han de ser una quarta parte de las que tiene G. Si tomasemos otro punto que distase del penol B una quarta parte del largo del brazo G B, deduciriamos del propio modo, que las resistencias en el tal punto, deberian ser $\frac{1}{16}$ de las que obran en G. Lo mismo se debe entender con el otro brazo G A de la verga. De suerte que las resistencias de dicha, ó los cubos de los diámetros de su espesor en varios puntos, deberán ser iguales á los quadrados de las distancias de los tales puntos al penol inmediato, para que resulte equilibrado el particular esfuerzo que la verga experimenta en cada uno de ellos. Supongamos que la mitad del largo de una verga, ó uno de sus brazos como G A, conste de 64 partes iguales, y el diámetro de su espesor en el punto G, de 16; resulta de esta suposicion, que en un punto qualquiera que diste de A 27 de dichas partes, importará dar 9 de las tales partes al diámetro que determine el espesor del tal punto. Porque en virtud de la regla establecida, el cubo del diámetro 9 debe ser igual al quadrado de la distancia 27: esto es, $9^3 = 27^2$; y esto en efecto se verifica; porque $9^3 = 729$, y $27^2 = 729$. Si tomamos otro punto que diste 8 partes de A, el diámetro de dicho punto deberá constar de 4; porque $4^3 = 8^2$.

329 Dada esta breve idea de la figura que próxîmamente deben tener los masteleros y vergas, por razon de los distintos esfuerzos que experimentan en sus varios puntos, consideraremos ahora la direccion y efectos de los esfuerzos con que obran contra ellos las velas impelidas por el viento.

Supongamos que G H (Lam. X. fig. 80.) nos represente el mastelero y palo mayor; A D la vela de gávia; C F la vela mayor. Sea ademas K el centro de la vela de gávia, y el punto de reunion de los esfuerzos que el viento exerce contra ella. Por medio del anemometro, que se describe en el art. 543., sabremos el esfuerzo que el viento exerce sobre cada pie quadrado de superficie, y conseqüentemente sabiendo la extension de la vela en pies quadrados, nos cons-

tará el esfuerzo total que se efectua en el punto K. La vela A D está sujeta por medio de sus embergues, en su parte superior, á la verga A B, y en sus extremos inferiores á la verga mayor C D por medio de los escotines; en virtud de esta disposicion se vé, que el esfuerzo residente en K obra á la vez contra la parte superior é inferior, y solo el esfuerzo correspondiente á la superior trabaja contra el mastelero, empleándose el restante contra el palo á quien corresponde la verga C D.

Reflexionando del propio modo sobre la vela C F, tendremos que solo parte de su esfuerzo total se empleará contra el punto J, y el restante contra los costados del buque en donde se afirman sus puños E y F, por medio de la mura y escota. En este supuesto, si consideramos la distancia intermedia J K, como la extension de una palanca en cuyos puntos extremos K y J se exercen dos esfuerzos determinados, concluiremos el punto de reunion L de ambos esfuerzos por lo dicho en el art. 89. En dicho punto debemos considerar reunidos todos los esfuerzos que el viento exerce sobre la vela de gávia, y sobre aquella parte de la mayor que los dirige contra el punto J. Del propio modo se hallaria el punto de reunion de los esfuerzos de tres ó mas velas, á lo largo de los masteleros y palos. Considerando su extension G H como una palanca, estarán mas expuestas á romperse aquellas partes de dicha, que mas disten del punto L, en donde se consideran reunidos los esfuerzos de las varias velas mareadas correspondientes á cada uno de sus palos. En conseqüencia de todo esto, se aumentan los diámetros de dichos en su parte inferior, para proporcionar sus resistencias en los términos insinuados (art. 324.)

330 Represente G H (Lam. XI. fig. 83.) la extension de un mastelero y palo; G S Q la curvidad de la gávia de arriba para abaxo; y Q J H la de la vela mayor. La gávia efectuará sus esfuerzos contra los puntos G y Q, segun la direccion de las tangentes G P, y Q P, tiradas á sus extremos. En este supuesto el esfuerzo absoluto R P se descompondrá en los dos G P, y Q P. Como el esfuerzo G P es obliquo al mastelero en G, lo podremos descomponer en los dos G M, y M P; el primero paralelo al mastelero, y que obra de arriba para abaxo, y el segundo que obra perpendicularmente contra su longitud; este último contribuirá, como vimos en el art. 324. á romper el mastelero, y el primero lo haria descender, á no estar sujeto en su coz contra la espiga del palo. La misma division de fuerzas se advierte en la vela mayor Q J H.

El punto Q de la gávia corresponde á la verga mayor; por consiguiente dicha verga sufrirá dos esfuerzos, uno segun la Q P, perteneciente á la gávia, y otro propio suyo que se efectua segun la tangente Q O. La fuerza y direccion equivalente á estas dos Q P, y Q O, resultará horizontal al modo de las R P, y N O, que representan las de sus correspondientes tangentes en una y otra vela. La verga mayor es mucho mas larga que la de gávia (Lam. X. fig. 80.), y así aunque el esfuerzo horizontal que se exerce sobre la dicha C D fuese igual al que obra contra la gávia A B, sufriria no obstante mucho mas la verga mayor; porque dicho esfuerzo obra á los extremos C y D de una palanca C D, mayor que la A B. Por esta razon deben ser mayores los diámetros de las vergas mayores, que los de las gávias en sus correspondientes puntos.

331 Habiendo descompuesto la fuerza G P (Lam. XI. fig. 83.) en las dos G M, y M P, vimos que la primera obraba de arriba para abaxo; por consiguiente la verga de gávia, por exemplo, sufrirá verticalmente una fuerza que procurará romperla. Á medida que por qualesquiera causas aumente la curvidad G S Q de la vela, disminuirá el ángulo G P Q que forman las dos tangentes; y en el caso de ser dicho ángulo infinitesimo, las dos fuerzas G P, y Q P, se reducirán á la sola horizontal R P. Todo al contrario sucede si por razon de izar extraordinariamente la verga, disminuimos la curvidad de la vela G S Q; de suerte que en el caso de dexarla tan tirante y tesa que destruyamos toda curvidad, y la dexemos enteramente plana, resultará de 180° el ángulo G P Q de las dos tangentes. En semejante caso, las fuerzas segun las tangentes G P, y Q P, resultarian infinitas, y la vela de gávia, y otra qualquiera que consideremos en iguales términos, se romperia irremediablemente, en virtud de la fuerza infinita que obra segun la G Q. En atencion á esto, no se izan hasta lo sumo las vergas, y singularmente en las circunstancias de ser el viento fresco.

332 Hemos dicho que quando una vela quede perfectamente tesa, la fuerza que obra para romperla de abaxo para arriba, ó en su direccion vertical es infinita. Para no dexar duda acerca de la verdad de esta asercion, propondremos una sencilla experiencia por cuyo medio pueda qualquiera convencerse. Procurese mantener lo mas tirante que sea posible un hilo vertical A B (Lam. XI. fig. 84.) sujetándolo, quanto sea dable, en A y en B. Muevase luego horizontalmente el dedo C D, con una velocidad y suavidad que haga su con-

tacto casi imperceptible; se notará que al mas leve tacto el hilo cede, y que una fuerza infinitesima aplicada contra él en D, basta para darle cierta curvidad, y hacer que las tangentes tiradas por A y B no formen una sola línea recta. Luego si una fuerza infinitesima que obra horizontalmente, impide la absoluta tension del hilo en su direccion vertical, para que no suceda así, y el hilo ó vela queden absolutamente tesos, importa que la fuerza que obra verticalmente sea infinita. Semejante fuerza jamas podrá tener lugar en la práctica; pero á medida de lo mas tirante que se disponga una vela se vé, que crecerá su propension para rifarse, ó romper la verga.

CAPÍTULO III.

De las direcciones en que obra la fuerza empleada en izar las velas.

333 La vela D V (Lam. XI. fig. 85.) impelida por el viento que suponemos perpendicular á la verga, tira á separarse del mastelero C R, en quanto lo permiten los cabos que la sujetan. La driza L C D que vá á la cruz D de la verga, formará con el mastelero ó línea vertical C R, el ángulo M C D; y si expresamos por C D el esfuerzo absoluto segun el qual trabaja para izar la vela, lo descompondremos en los dos D E, D M; el primero vertical, y el segundo horizontal. De donde resultará que del absoluto esfuerzo aplicado á la driza, solo la parte D E sirve para el fin propuesto; y la otra D M se emplea en atracar la vela al mastelero, y en luchar directamente contra el viento. La fuerza vertical D E tiene que vencer no solo la gravedad de la verga y vela, sino tambien los esfuerzos verticales de esta última representados por G M en la Lam. XI. fig. 83. Si la vela en vez de estar arriada en el punto M del mastelero (Lam. XI. fig. 85.) estuviese en P cerca del extremo C hasta donde puede izarse, la direccion C N de la driza resulta próxîmamente horizontal, y asi casi todo su esfuerzo se emplea en atracar la verga contra el palo; pero ademas la corta fuerza vertical restante N E, obra en esta situacion con mucha ménos ventaja que quando está arriada en M. La vela en efecto se halla mucho mas tesa en N que en M, y por lo que diximos en el capítulo anterior, el esfuerzo de arriba para abaxo G M, con que en la Lam. XI. fig. 83. resiste la subida, es extraordinariamente mayor que quando está muy arriada.

De aquí se infiere que estando una vela en viento, costará mucho

mas el izarla una misma cantidad, segun lo mas alta ó ménos arriada que estuviese. La dificultad que ofrecen las velas en viento para izarse son evidentes, y en conseqüencia de ello se orientan al filo; pero suele suceder que para hallarse con ellas preparadas segun se pretende, luego que estén izadas, se van braceando poco á poco por sotavento; de manera que muchas veces, dos ó tres codos ántes de llegar la verga al punto propuesto, se halla ya la vela perfectamente en viento. En semejante caso, por las razones que acabamos de ver, resulta que el izar la verga los tales dos ó tres codos, cuesta mas fatigas que toda la anterior faena.

Vimos en el capítulo anterior que estando la vela muy tesa, su fuerza vertical para romper la verga es extraordinaria; por consiguiente, convendrá no izar las velas en términos que, por lo tirante de ellas, puedan estas rifarse, ó las primeras romperse. Esta advertencia es general; y particularmente quando el viento es fuerte, se dexan siempre ménos izadas de lo que se pudiera, forzándolas un poco.

CAPÍTULO IV.

Del modo de obrar de las brazas, y de los modos de disponerlas para mayor seguridad de las vergas en algunas posiciones.

334 La direccion de las brazas, como qualquiera puede convencerse á vista de su laboreo, es inclinada al plano horizontal de las vergas. De suerte que parte de su esfuerzo absoluto obra verticalmente, y la otra en un plano horizontal. La direccion de este último esfuerzo forma un ángulo obliquo con las vergas, y así una parte de él obra en el sentido de la longitud de dichas, y la otra perpendicularmente á dicha longitud. De donde resulta, que el absoluto esfuerzo aplicado á la braza, procura dar tres distintos movimientos á la verga; uno de abaxo para arriba, ó al contrario: esto es, vertical; otro de penol á penol, ó en el sentido de la longitud de la verga; y otro de proa á popa.

Represente para esto A (Lam. XI. fig. 86.) la verga de gávia; A G E el laboreo de su braza; G C la elevacion del plano de la verga sobre el brazalote G del cuello de mesana. Si A G expresa el esfuerzo absoluto aplicado á la braza, C G manifestará el esfuerzo vertical, y A C el que se hace en el plano horizontal de la verga. Representenos la línea F S en la Lam. XI. fig. 87. la fuerza A C que se

efectua en dicho plano horizontal; como la direccion de esta fuerza representada por F S forma con la verga F Q el ángulo S F Q, S L será la fuerza de penol á penol, ó en el sentido longitudinal de la verga, y F L la de proa á popa perpendicular á su longitud. Si la verga estuviese mas alta respecto al punto G, la fuerza vertical C G en la Lam. XI. fig. 86. aumentaria; y si el ángulo S F Q, que en la Lam. XI. fig. 87. forma el plano horizontal de la braza con el de la verga, fuese mas agudo, la fuerza de penol á penol creceria; y por el contrario la fuerza F L, que es la única que sirve para orientar la vela, disminuiria. Esto basta para colegir la mayor ó menor facilidad que ofrece para el braceo de las vergas la distinta situacion de las dichas, y el diverso laboreo de sus brazas.

335 En algunas embarcaciones, en vez de pasar el chicote de la braza por un moton cosido en la misma verga, lo pasan por un moton que cuelga á lo largo de un cabo llamado brazalote. Para demostrar la inutilidad y perjuicio de los brazalotes, basta recurrir á una sencilla experiencia que es notoria á todos. Representen A y B (Lam. XI. fig. 88.) dos puntos horizontales, á cada uno de los quales suponemos atados los extremos A y B de la cuerda A Q B. En esta circunstancia todo el mundo advierte que la cuerda, á causa de su flexîbilidad y propio peso, léjos de formar la línea horizontal A B, forma el arco ó seno A Q B. Si en el punto Q le añadimos otro peso P, aumentará á proporcion la dificultad de hacerle formar la línea recta y horizontal A B. Aplicando esto mismo á los brazalotes veremos que, aun quando la braza tuviese su laboreo en el plano horizontal de la verga, deberia formar algun seno á causa de su flexîbilidad y peso; pero como en el uso de los brazalotes se añade al peso natural de la braza el del moton que lleva el brazalote, se sigue que este seno debe aumentar, con perjuicio de la fuerza que se exerce en el plano horizontal de la verga. La inspeccion de la Lam. XI. fig. 89. basta para convencernos de todo lo que acabamos de insinuar. La braza C B pasa por el moton B cosido al extremo del brazalote B A, el qual por el peso de dicho moton forma el seno ó arco A B que indica la figura, y obliga á que la braza comunique sus esfuerzos á la verga á lo largo de dicha línea curva ó catenaria; cuya tangente en el extremo A, segun la qual obra contra la verga, es la A D; tan diferente como se dexa ver de la línea A C, que es la direccion que puede dársele á la braza renunciando al uso de los brazalotes.

CAPÍTULO V.

De la reunion de las fuerzas que contribuyen á romper las vergas, segun la tension de los cabos que las sujetan.

336 Supongamos la verga A B (Lam. XI. fig. 90.) puesta en cruz, y que se navegue viento en popa. Manifiesten A M, B N las fuerzas de las brazas en el plano horizontal perpendicular á la longitud de la verga. Esta última, á causa de su qualquiera flexîbilidad, tira á arquearse en virtud de estas dos fuerzas tomando la situacion A D B. El punto E en el qual se reunen las fuerzas horizontales de ambas brazas, será donde peligrará la verga. Para hallarlo supónganse las siguientes

Denominaciones.

Fuerza A M $=$. . . . . $\frac{1}{2}$
Su igual B N $=$ . . . . $\frac{1}{2}$
Longitud A B $=$. b
Distancia del punto E al penol A $=$ x
La de E al penol B será $=$. . . . . $b - x$

Usando de lo dicho (art. 77.), tendremos $\frac{1}{2}x = \frac{1}{2}b - \frac{1}{2}x$; esto es, $x = \frac{1}{2}b$. Por consiguiente la cruz de la verga será el punto donde peligrará su ruptura en tal caso: y convendrá aplicar en dicha cruz una fuerza opuesta que, formando equilibrio con la resultante de las dos brazas, contribuya á su seguridad. Esto mismo lo previene la práctica; pues por medio de las trozas ó racamentos que sujetan la cruz de la verga al palo, la reunion de las dos fuerzas que procuran romperla segun la E D, puede quedar destruida por la sujecion de las trozas que obran en el sentido opuesto E Q.

Figurémonos que, á causa de estar las brazas muy tesas, la cruz de la verga no quede sujeta por las trozas, ó como se suele decir, no haga en el punto E por ellas. Es claro que no residiendo entónces en este punto fuerza alguna que contraste la que actua para romper la verga, la dicha peligrará en su cruz. La experiencia ha hecho ver esta verdad, y así es práctica general en los vientos en popa frescos el dexar las brazas algo arriadas. Tal vez esta práctica ha debido tambien su orígen al riesgo de que se partan las vergas por la cruz, con motivo del choque del palo contra ellas.

Si ahora, en el mismo caso del viento en popa, suponemos que la verga quede perfectamente sujeta en los tres puntos A, E, B, cada

brazo de ella como E B, tirará á arquearse en virtud de la fuerza residente en E, y la del penol B; y el punto F, equidistante del penol B y de la cruz E, será en donde peligrará la ruptura de la verga en ambos brazos, en las circunstancias de trabajar igualmente por sus dos brazas y por el racamento.

CAPÍTULO VI.

Del modo con que trabajan los obenques y brandales.

337 Siguiendo nuestras reflexîones acerca de la composicion y descomposicion de las fuerzas, pasemos á aplicarlas á las que hacen los obenques y brandales. Para esto represente G B (Lam. XII. fig. 91.) la altura del palo mayor; B A la distancia que hay desde la fogonadura de la cubierta del alcazar, hasta los puntos de la mesa de guarnicion donde se sujetan los obenques por medio de los acolladores que unen sus vigotas. Siendo G A la direccion segun la qual trabajan los obenques, como á obliqua al palo, se descompondrá en las dos G B y B A; la primera vertical, y que en nada contribuye para la sujecion de dicho palo; y la segunda B A horizontal y perpendicular al palo á quien sujeta en los balances. Si en vez de ser B A la distancia del punto B del palo al acollador A fuese la B F, representaria dicha línea la fuerza horizontal del obenque, mucho menor que la anterior B A; como claramente se ve. Á medida pues de lo mas agudo que sea el ángulo B G A, ó B G F, que la direccion vertical del palo B G forme con sus obenques, disminuirá la fuerza con que los dichos contribuyen á sujetarlo en los balances: de suerte que quando dicho ángulo fuese cero, ó los obenques se afirmasen en los acolladores puestos al mismo pie B del palo, resultaria cero la fuerza de que hablamos. Segun esto mismo, representando G C el mastelero de gávia, y G D la distancia de la coz del mastelero al acollador D, el ángulo G C D que forma el mastelero con su obenque, es mucho mas agudo que el B G A que el palo mayor forma con el suyo G A. En atencion á esto se añaden al mastelero para su mayor sujecion unos cabos como C A llamados brandales, los quales desde el extremo C vienen á fenecer en las vigotas correspondientes á unos puntos como el punto A en las mesas de guarnicion. Si la altura C B del extremo del mastelero fuese infinita, resultaria cero la distancia ó fuerza B A con que contribuiria el brandal á su sujecion. Sin contar con este caso imposible debemos advertir que la distancia ó fuer-

za B A resulta ménos considerable, segun la mayor razon en que aumenta la elevacion B C del mismo extremo del mastelero sobre la cubierta.

338 Los brandales y obenques C A, G A, &c. no solo forman un ángulo B G A, B C A (Lam. XII. fig. 91.) con la direccion vertical del palo, sino que se inclinan un tanto para popa; de suerte que si B A (Lam. XII. fig. 92.) nos representa la direccion del segundo obenque de proa, y B C una vertical baxada desde el punto B, el obenque B A cae toda la cantidad C A á popa del punto C. Por consiguiente, descomponiendo su fuerza en dos, resulta la C A, aquella con que el obenque tira el palo de proa para popa. En virtud de esta inclinacion que tienen las xarcias de sus correspondientes palos hácia la popa, quedan sujetos de proa para popa en las cabezadas, y en la inclinacion que la fuerza del viento les comunica para proa.

339 En igualdad de ángulos de los obenques con los palos, quedan estos últimos mas sujetos, á medida de la mayor tension de aquellos; y por consiguiente, de tres ó quatro obenques de una xarcia que forman un ángulo igual con su palo, el obenque que está mas tirante lo sujeta con mayor fuerza. En virtud de esto, podemos hacer que un obenque A N (Lam. XII. fig. 93.) sujete lateralmente el palo A H, en los mismos términos que su opuesto A M, á pesar de que el ángulo H A M que este último forma con la vertical, exceda al ángulo H A N que el otro obenque forma con la misma. Para esto basta dar al obenque A N una mayor tension que á su opuesto. Supongamos que en virtud de dicha tension nos represente A F la fuerza absoluta del obenque A N; y demos tambien el caso que, á causa de lo mas en banda que está el obenque A M, nos represente A D su fuerza absoluta. Descomponiendo las fuerzas de ambos obenques en perpendiculares y paralelas al palo, estas últimas quedan sin efecto alguno lateral, y las primeras A C y A B son iguales en el caso supuesto; verificándose que tanto procura inclinar el palo hácia babor el obenque A N, como el A M hácia estribor. Muy al contrario sucederia si dándole al obenque A M igual tension que á su opuesto, permitiésemos al primero toda la ventaja del mayor ángulo. En semejante circunstancia, si A L representa su esfuerzo absoluto, el lateral resulta A R, mayor que el de su opuesto en toda la cantidad B R. Donde se ve que en el caso de la desigualdad de los ángulos, importa suplirla con la mayor tension para obtener el equilibrio.

340 En conseqüencia de lo que acabamos de decir acerca de la

V

disposicion de ambas xarcias, y de los distintos movimientos que se ocasionan á las vergas á causa del laboreo de las brazas (art. 334.), podemos introducir nuestras reflexìones relativamente á la colocacion que se puede dar al plano de las velas dispuestas de bolina. En semejante caso, el puño de barlovento de la vela mayor viene á besar en el mismo ojo de la mura, ó galápago dispuesto en el costado á la parte de popa de la mesa de guarnicion del palo de trinquete; y como este último punto cae á una distancia considerable del palo mayor para proa, resulta que la parte baxa de barlovento de esta vela, puede formar con la quilla un ángulo próxìmo á 30° contado desde la proa. La verga mayor por mas braceada que esté, no puede formar hácia la misma parte de la quilla un ángulo tan agudo. En efecto, la xarcia de sotavento impide la necesaria rotacion de la verga para que se verifique semejante obliquidad. Diximos en el art. 338., que la mayor parte de los obenques que componen las xarcias quedan inclinados á popa de sus respectivos palos, y contribuyen por este medio á sujetar á estos últimos en sus inclinaciones de popa á proa; para que esto se verifique, resulta que el primer obenque proel de la xarcia del palo mayor, viene á quedar por el traves de dicho palo; de suerte que si imaginamos un plano vertical en el sentido de babor á estribor que pase por el palo mayor, pasará tambien por los dos obenques proeles de sus dos xarcias. De todo esto se infiere, que si braceamos la verga hasta que su parte de sotavento toque en el primer obenque de dicha xarcia, el ángulo que puede formar la verga con la quilla, aunque diverso segun las embarcaciones, se puede considerar en un navio de 74 cañones de 75° próxìmamente. Este ángulo, como veremos art. 586., puede aun disminuirse con motivo de la inclinacion del navio hácia sotavento, lo qual dexa mas en banda ó mas floxa la xarcia de esta parte, y permite un mayor giro de la verga. Sin embargo, á pesar de esta ventaja, y de las que puede darnos el uso de las trozas, siempre se verificará considerablemente menor el ángulo que forme el puño de la vela con la quilla, respecto al que la verga forma con la misma.

Infiérese de lo dicho que, en el caso de navegar de bolina, la parte baxa de la vela mayor puede recibir el viento con mayor ángulo de incidencia que la superior. Esta aparente ventaja puede suscitar en algunos la idea de afirmar el puño de barlovento de dicha vela mareada mas cerca de la quilla, transfiriendo á lo interior del buque el galápago ú ojo de la mura, con el fin de que aumente el án-

gulo de incidencia del viento en dicha parte inferior. Sin embargo de esta aparente ventaja importa reflexîonar que, por una disposicion semejante, aumentamos la inclinacion que ya naturalmente tiene la vela mayor respecto á un plano vertical. Por consiguiente, aunque se aumente la incidencia del viento en la parte inferior, disminuimos el efecto del viento que contribuye á hacer adelantar el barco en el sentido de su proa, aumentando la deriva.

341 Las reflexîones que hemos hecho acerca del obstáculo que ponen las xarcias de sotavento para el mayor braceo de las vergas, deben aplicarse á la verga y vela de trinquete con la sola advertencia que, laboreando sus brazas mas altas que las mayores, aquellas elevan el penol de sotavento del trinquete, y permiten mayor giro á dicha verga; al paso que las de la mayor baxan su penol, y aumentan los estorbos de rotar por la distinta abertura de la xarcia á que corresponden. Reflexîonando lo mismo con las gávias y juanetes, se ve que aquellas se pueden bracear mas que las mayores, y los dichos mas que las gávias.

CAPÍTULO VII.

Aplicacion de la doctrina de la composicion y descomposicion de las fuerzas á otras varias maniobras.

342 Siguiendo en dar alguna aplicacion de la composicion y descomposicion de las fuerzas, podemos exâminar el modo con que dos ó mas lanchas remolcan un navio. Supóngase el navio en C (Lam. I. fig. 3.), y que las dos lanchas bogan segun la C D y la C A. El buque seguirá la diagonal C B del paralelogramo A D. Si la esquifacion de las dos lanchas es igual, y una y otra bogan con la misma fuerza, la diagonal C B divide por mitad el ángulo D C A que forman los rumbos de ambas lanchas; pero si la que boga segun la C A, excede á la que camina segun la C D, la diagonal C B, ó el camino que hace el navio, se aproxîma mas á la direccion de la lancha que boga con mas fuerza. Si en vez de dos lanchas suponemos quatro, las quales adelantan segun las direcciones y fuerzas C D, C A, C E y C G, el navio seguirá la derrota C H que, como vimos art. 39., es la compuesta de todas las direcciones dichas, y participa en quanto es dable de la fuerza y direccion de cada una de ellas. En el art. 38. vimos que, á medida que aumenta el ángulo D C A que forman entre sí las direcciones de dos fuerzas, disminuye el efecto de ambas

en el sentido de la correspondiente diagonal en que obran: de suerte que si las dos lanchas C D y C A adelantan con igual vigor llegando á formar entre sus direcciones un ángulo de 180°, en cuyo caso una de ellas obraria á la popa, y la otra á la proa del buque C, resultaria este inmovil; destruyendo el esfuerzo de la lancha C D, el de la otra C A. Todo al contrario debe esperarse quando el ángulo D C A se disminuya; y en el momento de ser cero, ó que coincidan en una sola línea C B las dos C D y C A, resulta, como vimos art. 38., que el adelantamiento del buque segun la línea C B, es igual á la suma del movimiento ó esfuerzo de ambas lanchas. En conseqüencia se ve que, para aprovechar toda por entero la fuerza de tres ó quatro lanchas de remolque, conviene disponerlas en hilera unas delante de otras; y en el caso de colocarlas *á la par*, hacer de modo, que las dos líneas de lanchas queden paralelas, ó quando mas formen el menor ángulo posible.

343 La maniobra de dar la vela nos presenta tambien ocasion de experimentar los distintos efectos de nuestros esfuerzos, segun la direccion en que los empleamos. Para inclinar ó abatir la proa de un buque hácia una parte determinada, se inclina su popa á la parte opuesta por medio de un cabo llamado comunmente codera. Uno de los chicotes de este cabo se afirma á una embarcacion, y pasando el otro por una de las portas de popa de la batería, ó de la cámara baxa, se guarne al cabrestante, y á medida que se vira y va tesando, se llama la popa á barlovento, hasta lograr la caida ó arribada de la proa suficiente para dar la vela.

Si el buque á quien se da el cabo está por la proa del que se pretende virar, de suerte que la direccion de la codera resulta casi una paralela á su costado, en tal caso la mayor parte de la fuerza de la codera se emplea en mover la embarcacion de popa para proa, y solo consumiendo mucho tiempo y trabajo, se consigue el fin propuesto. Si por el contrario el barco á quien se afirma el cabo está perfectamente por el traves del otro, resulta que toda la fuerza con que se tesa la codera contribuye para la rotacion del buque al principio del giro; pero á medida que va girando, cesa de ser perpendicular la tirantez de la codera al costado de la embarcacion de nuestro exemplo, y disminuye el efecto.

344 En el caso de no haber embarcacion á quien dar el cabo, y ser preciso moderar la caida del buque por qualquier accidente, se afirma uno de los chicotes de la codera en el mismo cable sobre quien

se está fondeado, y se recibe el otro por una de las portas de popa del costado opuesto á aquel sobre el qual se pretende caer. En semejante circunstancia, si se afirmase la codera cerca del escoben, conseguiriamos con dificultad el efecto deseado. En atencion á esto, se procura afirmar la codera en la parte del cable que diste del escoben lo mas que sea dable. De esta suerte, la tirantez del cabo llama la popa mas directamente para barlovento. Durante esta maniobra se vá arriando el cable, y resulta que el punto donde se hizo firme la codera se aleja mas y mas del escoben. Á medida que la embarcacion vá abatiendo, se marean las velas suficientes; y preparadas las dichas, se corta el cable y cabo, que deben dexarse aboyados, siempre que se cuente con volver á recogerlos. Como quando se executa esta maniobra está el navio parado, importa cortar el cabo ántes de que el dicho esté muy arribado; porque en semejante caso no tienen lugar los efectos del timon para moderar su arribada y ponerlo al debido rumbo.

345 En las varias circunstancias en que puede hallarse un buque fondeado en un puerto con dos ánclas, tenemos tambien lugar de aplicar la doctrina de la composicion y descomposicion de las fuerzas. Supongamos que en un puerto donde las mareas siguen el curso alternado de Poniente á Levante, se halle un navio fondeado con una de sus ánclas en A, y la otra en C (Lam. XII. fig. 94.): esto es, Este Oeste, teniendo ademas la precaucion de haber tesado perfectamente uno contra otro los dos cables. En virtud de estas disposiciones sucede que, mientras la marea corre de A para B, el navio está aproado hácia el punto A, y trabaja directamente por el cable A B. Quando la marea toma la direccion C B, el navio se aproa al punto C. A causa de haber tesado ambos cables uno contra otro, si se tiene cuidado al cambiar las mareas, de auxîliar con el timon y velas de proa y popa la caida del buque hácia la parte conveniente, el dicho executa su rotacion ó borneo casi sobre un punto, sin que incomode á las embarcaciones inmediatas, ni haya riesgo de que los cables tomen vuelta. Si en una ocasion semejante damos el caso que sobrevenga un fuerte viento ó temporal de la parte del Norte H B, resulta segun lo dicho (art. 332.) que si los cables permaneciesen tesos el uno contra el otro, opondrian una resistencia casi infinitesima, é indispensablemente faltarian á los primeros impulsos del viento. Si para prevenir semejante riesgo se arria igualmente de uno y otro cable, el navio toma la situacion de la Lam. XII. fig. 95., en

cuyo caso se verifica, que la direccion del esfuerzo del viento H B divide perfectamente por mitad el ángulo C B A, y ambos cables trabajan igualmente. Siempre que se arrie mas de un cable que de otro siendo el viento de travesía, el buque se aproa y trabaja en la direccion del mas corto, como en la Lam. XII. fig. 96. Si el viento es del Noroeste, Nordeste, ú otro qualquiera rumbo que se aproxîma mas á una ancla que á otra, en tal caso arriando desigualmente de ambos cables, se pueden templar en términos que la direccion del viento, divida siempre por mitad el ángulo que forman entre sí las direcciones de los dos cables, y los dichos trabajen igualmente. *

346 La idea de que el navio trabaja á un mismo tiempo por sus dos amarras, preocupa á muchos á favor de la situacion de la Lamina XII. fig. 95. y otras semejantes; siendo así que dichas situaciones no son nada ventajosas para resistir los impulsos de la mar y viento. En efecto, á medida que aumente el ángulo C B A, disminuye la resistencia que oponen los cables; y en el caso de ser dicho ángulo de 180°, como en la Lam. XII. fig. 94., su resistencia es casi ninguna, segun lo dicho (art. 332.). Por lo tanto la resolucion de hacer trabajar los dos cables igualmente por el estilo de la Lam. XII. fig. 95. *ó á barba de gata*, solo puede ser conveniente quando el intervalo C A entre las dos anclas es muy corto, y las porciones C B y A B de ambos cables muy largas; de suerte que el ángulo C B A resulte lo mas agudo que sea posible. En un mismo intervalo C A de las dos ánclas, se puede disminuir el ángulo de las direcciones de los dos cables, arriando mayor porcion de uno y otro, como se vé en la misma figura. Apesar de este recurso, quando un buque está amarrado en los términos de la Lam. XII. fig. 94. la distancia C A entre las dos ánclas suele ser de cable y medio, y por consiguiente el ángulo C B A de la Lam. XII. fig. 95. siempre resulta demasiado abierto, para que un maniobrista sensato disponga los cables en los términos de dicha figura, quando pretende resistir los fuertes impulsos de la mar y viento.

347 El modo de que un navio trabajase por dos cables en la disposicion mas ventajosa para su seguridad, seria si los dichos fuesen paralelos, como en la Lam. XII. fig. 97. Semejante modo de

* Estando fondeados E. O., si el viento que sobreviene es del N. E., es claro que para que la direccion del viento divida por mitád el ángulo que forman ambos cables y los dichos trabajen igualmente, debemos arriar mayor cantidad del cable del E. En atencion á esto se suele tender el áncla y cable de ayuste hácia el rumbo mas próxîmo al viento dominante.

fondear trae el inconveniente del extraordinario borneo que toman los buques en los cambios de vientos y mareas. Sin embargo en la circunstancia de un temporal de tres ó mas dias, y quando una embarcacion acosada por un viento de travesía, se vé en la dura necesidad de anclar sobre una costa al solo abrigo de la boya, como se dice á bordo, cesan todos los inconvenientes del cambio de vientos y mareas, y solo se debe poner atencion en aumentar quanto es posible la resistencia de las amarras para la conservacion del buque, y vidas de sus indivíduos. En conseqüencia, acerca del método de dar fondo que prescribe D. Santiago Zuloaga, en las páginas 368 y 372, respuestas 7 y 8 del 2.º tomo de sus Maniobras prácticas, se debe tener presente la advertencia de dexar caer la segunda áncla, lo mas en la direccion de la primera que sea posible, por el estilo de la Lam. XII. fig. 97., evitando toda considerable abertura del ángulo C B A de la Lam. XII. fig. 95. En un caso semejante basta aquella abertura de ángulo entre ambas ánclas, que es suficiente para evitar el que la segunda áncla roce á su caida contra el cable de la primera.

CAPÍTULO VIII.

En el qual se reflexîona acerca de los efectos de las fuerzas de presion y percusion en varias maniobras.

348 Habiendo establecido (art. 55.) la extraordinaria diferencia que media entre las fuerzas de percusion y presion, no extrañaremos el exceso de la primera sobre esta última, y podremos precaucionarnos en muchas circunstancias, contra los terribles efectos de aquella.

Quando no hay mar alguna, y un navio fondeado trabaja en tesar el cable, los esfuerzos que éste sufre á causa de la tension, alargan sus cordones en cortísima cantidad, y refiriéndonos á nuestra primera expresion (art. 55.) podemos decir, que la masa del navio multiplicada por el poco tiempo necesario para que el cable se alargue, nos indica la fuerza que obra sobre dicha amarra. Semejante fuerza se refiere muy bien á la que hemos comprehendido baxo el nombre de presion. Si de repente se arrian quatro brazas de cable, el buque impelido por el viento correrá el espacio de estas quatro brazas, y al terminarlo quedará otra vez inmovil y sujeto por la tension del cable, contra el qual habrá exercido, en el momento de quedar parado, una fuerte sacudida ó estrepada. Si en lugar de arriar

quatro brazas hubieramos arriado seis, el navio hubiera necesitado mas tiempo para correr este mayor espacio con igual empuje del viento; resultando en virtud de esto mayor la estrepada exercida contra el cable. Se vé pues que esta última fuerza, se puede referir muy bien á la que hemos comprehendido baxo el nombre de percusion, cuyo efecto vimos que era extraordinario respecto al que ocasiona la simple presion, á la qual hemos referido el esfuerzo que hace contra el cable un buque sin notorio movimiento.

En virtud de esto se comprehende quan debida es la precaucion de no arriar cable quando el navio trabaja mucho por él; y en caso de ser indispensable, conviene practicarlo con mucha lentitud y suavemente; no dando lugar á que la embarcacion tome grande velocidad y aumentando el producto M t, aumente la terrible fuerza de percusion que en semejante caso exerce contra el cable. En conseqüencia de todo esto, tampoco nos será extraño el que una amarra, que por su buena calidad ha resistido largo tiempo, se rompa y falte en el momento de arriarla y de sufrir, por el movimiento del navio, el fuerte estrechon de que hablamos; porque, como se ha dicho, la amarra experimenta en semejante circunstancia, una fuerza extraordinariamente mayor que quando el buque permanece quieto.

349 Si se está fondeado en tiempo de mucha mar, las olas chocan con ímpetu la proa del baxel, y la masa de agua de que se componen multiplicada por la velocidad que traen, indicará la fuerza ó cantidad de movimiento con que intentan moverlo. El cable con las olfadas y repetido movimiento del navio, sufrirá otras tantas sacudidas violentas, cuyos efectos, idénticos á los de la fuerza de percusion, harán padecer las amarras extraordinariamente mas que en las ocasiones de no haber mar alguna. En los puertos, donde por la configuracion de las costas, ó bien por los baxos fondos que rompen los embates de las olas, se experimenta el mar tranquílo en medio de los mayores vientos, los riesgos de que falten las amarras no son tan temibles como en otros, por las razones expuestas. Por esto es general entre los marineros el decir, *que el viento no es quien rompe los cables.*

350 En las entradas de los puertos y en otras circunstancias se acostumbra mover el navio á la espia. Si el viento y mar por la proa son excesivos, en tal caso, á la velocidad con que caminan las olas debemos añadir aquella con que el navio adelanta; y así los golpes de mar no solo chocan la proa del buque con la velocidad que traen,

sino con dicha velocidad mas la del navio; y la fuerza ó cantidad de movimiento que este necesita vencer para adelantar, y que en conseqüencia exercerá contra la espia á mas de aquella con que adelanta, es igual al producto de la masa de las olas multiplicada por su velocidad. En virtud de lo qual, sin contar con el esfuerzo contrario del viento, se vé quanto mas expuestas están á faltarnos las amarras espiándonos por ellas, que no permaneciendo inmóviles; y esto solo relativamente al efecto de los golpes de mar. En la faena de espiarse sucede que, por descuido, suele arriarse de golpe alguna porcion de la espia. En semejante caso, si la fuerza del viento vence la velocidad con que el navio adelanta y lo obliga á retroceder, el cabo que sirve de espia sufre con la estrepada, al tiempo de terminarse el retroceso, todos los esfuerzos de la formidable fuerza de percusion de que hemos hablado. De los riesgos que ofrece la práctica de adelantar á la espia en ocasiones de alguna mar y viento, se deben concluir las precauciones con que debemos proceder para poner en obra dicha faena.

351 La diferencia que hemos establecido entre la fuerza de presion y percusion, nos pone en estado de reflexìonar con suficiente acierto, acerca de una maniobra bastante comun, y que consiste en tender un anclote con un calabrote en ayuda del cable. Vamos á probar que esto solo puede practicarse quando el cable está muy maltratado, de suerte que el calabrote por sí solo ofrezca mas resistencia. En todo otro caso, esta práctica no solo es inútil, sino perjudicial. Esta última asercion se funda en la imposibilidad que seguramente hay en disponer igualmente tirantes, ó en dexar templados con igualdad dos cabos de diferente tamaño ó mena. En efecto supongamos que despues de todas las diligencias quede el navio trabajando mas por el cable; si este falta, el navio impelido por la mar y viento tomará velocidad, y correrá hasta dexar enteramente teso el calabrote; á cuyo tiempo el dicho le opondrá su resistencia en el sentido de su longitud, sufriendo en la estrepada todos los efectos de la formidable fuerza de percusion, que causa el navio puesto en movimiento, y la qual no sufrió el cable quando faltó. En virtud de esto mal podemos esperar que aguante el calabrote habiendo de sufrir la misma fuerza que rompió el cable, y ademas la de una fuerte estrepada, cuyo efecto lo hemos considerado sobremanera mayor que el de la fuerza precedente; por consiguiente nos habremos expuesto sin fruto alguno á perder el anclote y cabo.

Supongamos ahora que el navio trabaje sobre el cala brote, y que este llegue á faltar; en tal caso el cable experimentará, por el movimiento del navio, los efectos de la percusion, y deberá contrarrestar una fuerza extraordinariamente mayor que ántes; luego el pretendido auxîlio que se creyó dar al cable con el calabrote, solo servirá para ocasionar su pérdida y la del buque.

352 La misma diferencia que hemos establecido entre la fuerza de presion y percusion, sirve para convencernos de los efectos que se advierten en varias maniobras, y para executarlas con las precauciones debidas. Quando por los balances, ó por otro accidente, queda una vela flameando, si luego de improviso recibe el viento de lleno, la vela se hinche y corre todo el espacio que le permiten la flexîbilidad de su tela y los cabos que la sujetan; al terminar este trecho tal qual sea, los puntos en que estriba la vela padecen en la estrepada los efectos de la fuerza de percusion, que son sobremanera mayores que los de la simple presion: á cuya última clase debemos referir próxîmamente, el esfuerzo que exerce contra los puntos que la sostienen una vela bien dispuesta impelida por un viento seguido. Á vista de esta extraordinaria diferencia de fuerzas, es fácil concebir quanto mas expuestas están para romperse las mismas velas y los cabos que las unen en el caso de henchirse de pronto por una fugada de viento, que no en el de recibirlo con constante uniformidad. Quando en las viradas por avante, en las maniobras de ponerse en facha, ó en otras de que hablaremos, reciben las velas el viento por la parte opuesta á la anterior, si este cambio sucede repentinamente y el viento es considerable, pueden muy bien faltar los masteleros, y suceder otras averías análogas á un desarbolo: iguales riesgos deben temerse en el caso de que un buque, por descuido ó por otro accidente inevitable, tome por avante. En todas estas circunstancias, en que las velas reciben súbitamente el viento por su cara opuesta, se verifica el que la vela se dexa caer de improviso sobre el mastelero, corriendo velozmente todo el espacio que ántes estaba separada. En tal caso la verga choca violentamente contra el palo ó mastelero, y el efecto de esta percusion es extraordinario, á causa de la dureza de los cuerpos que se chocan, de la masa de la verga, y de la velocidad con que camina. El diverso ángulo que en semejantes circunstancias suele formar el viento con la superficie de la vela, contribuye á aumentar la fuerza de esta contra sus palos, y los riesgos de un desarbolo, como veremos en adelante. Pero ahora sin salir de nues-

tro objeto, hallamos en la sola percusion suficientes razones para recelar tales accidentes y no executar la virada por avante, y toda otra maniobra en que deban ponerse en facha algunas velas, en ocasiones de recios vientos; y quando nos sea indispensable practicarlo, procederemos en la execucion con las posibles precauciones, ya sea arriando las velas para aumentar la resistencia de los masteleros, ya aguantando sus brazas de sotavento y cobrando con suavidad las de barlovento para que la vela vaya flameando poco á poco, y no pase á ponerse en facha violentamente.

353 Quando al tiempo de cazar una vela ó cargarla, se arria de los cabos que la sujetan mayor cantidad de aquella que se puede cobrar, la vela dá violentas sacudidas ó gualdrapazos que á mas de exponerla á que se rompa, pueden hacer faltar los escotines y partir las vergas inferiores. Estos accidentes son casi inevitables, quando con viento muy fresco se arria en banda indiscretamente el escotin, amura ó escota de una vela en viento; la vela impelida por este último corre de improviso todo el espacio del cabo arriado, y exerce contra la verga inferior ó todo otro sitio donde está sujeta, el violento efecto de la percusion.

En general los violentos efectos de la fuerza de percusion son propios de todo cuerpo puesto en movimiento, y deben tenerse presentes á bordo al arriar ó izar las vergas y masteleros, al meter ó sacar la lancha, el bote &c. y al suspender qualquiera peso. En todas estas maniobras, si por descuido, ó irremediable accidente, se arrian de golpe los cabos ó aparejos que suspenden el cuerpo, este último corre veloz todo el espacio arriado; y exerce contra los cuerpos inferiores á quienes choca, ó contra los superiores que lo sostienen una fuerza $= M\,T$: esto es, igual á la masa del cuerpo multiplicada por el tiempo. En vez de que quando los pesos se arrian suavemente, y sin la menor sacudida, su fuerza puede considerarse como la de simple presion; en cuyo caso la expresaremos por $\frac{M}{60}$, cantidad despreciable respecto á la anterior $M\,T$; y que por consiguiente nos indica el próxîmo riesgo en que se está de cometer varias averías, en las súbitas arriadas ó lascadas de los cabos. En atencion á lo qual siempre que se desconfia de los agentes que empleamos para este encargo, se les previene el que envuelvan dichos cabos en las cornamusas, maniguetas, y otras partes, á fin de que por este medio puedan ir arriando poco á poco, y sobre vuelta como se dice á bordo.

354 La causa de los extraordinarios efectos de la fuerza de percusion nos dá lugar para extender nuestras reflexìones, acerca de la calidad de las xarcias de que deben hacer uso los buques, segun el objeto á que en dichos se apliquen. En los balances, los obenques y las demas xarcias de aquella banda á que se inclina un navio, se afloxan y dan de sí, y en el momento de adrizarse ó inclinarse á la parte opuesta, quedan otra vez tirantes; habiendo sufrido en este paso de la floxedad á la tension, una sacudida mas ó ménos fuerte, segun la violencia del balance, y la cantidad que se afloxáron. Esto mismo se verifica en los estays y contraestays en las cabezadas. En conseqüencia de esto no hay duda que aquella clase de xarcia que ménos se alargue y dé de sí, será la mas á propósito para la sujecion de los palos y otros servicios semejantes. Si la mayor dureza ó rigidez diesen á las cuerdas la propiedad de que hablamos, las duras y rígidas nos serían preferibles para nuestro objeto, á las blandas y flexìbles. Muchos cuerpos unen á su mayor rigidez la propiedad de dar ménos de sí. Para el uso de los cabos de labor ó de la maniobra corriente preferimos los cabos flexìbles á los rígidos en el art. 147.; pero en las maniobras de firme empleariamos mas bien estos últimos por la razon expuesta. * No obstante aunque muchos cuerpos unen á su mayor dureza la propiedad de dar ménos de sí, no se verifica por esto que las cuerdas ó cabos, siendo mas duros y rígidos, se afloxen ménos que los blandos y flexìbles. En efecto toda xarcia á quien se dá un superior grado de torcido, adquiere extraordinaria inflexìbilidad y dureza, y aunque experimentándola con cortos pesos y esfuerzos parece que dá ménos de sí que la ménos torcida; sin embargo á la larga, y quando los esfuerzos que debe hacer son considerables, sucede muy al contrario, como fácilmente podrá convencerse qualquiera por sus propias experiencias, y por el crecido número de las recapituladas á este efecto por Mr. Du-Hamel en su excelente Tratado de la Cordelería: cuya obra, escrita con toda la sutileza y claridad característica de su grande autor, deben estudiar quantos tengan á su cargo el importante ramo de la cordelería en los Arsenales; pues dificilmente podrán hallar en otras obras tantos conocimientos propios para mejorar en esta parte el aparejo de los buques,

* En las xarcias que no se mojan freqüentemente, el alquitran es contrario á su duracion; pero en las que deben mojarse, es opinion general que el dicho las conserva, y esta puede ser una de las razones para alquitranarlas.

conciliando este objeto con el de una economía debida en los grandes acopios y consumos que corresponden para mantener una marina respetable. Los maniobristas encontrarán en la citada obra, el modo de practicar con exâctitud varias experiencias relativas á verificar las propiedades de las xarcias que á este fin se les entreguen. Ademas podrán desimpresionarse de muchas opiniones ligeramente recibidas, respecto al mayor aguante de las cuerdas, segun lo mas torcidas que estén, y la apariencia que presentan despues de algun tiempo de servicio. Sus relaciones prácticas á vuelta de campaña decidirán para que con preferencia á las demas se adopten, para estos ó los otros destinos, las xarcias del determinado torcido y espesor, que hubiesen resultado superiores por sus qualidades á las restantes.

Para dar una ligera idea de los riesgos de un desarbolo á que puede exponer el excesivo torcido de las xarcias, y para prevenir á algunos en favor de las construidas segun los principios de Mr. Du-Hemel, extractaremos lo que nos dice este autor en la pag. 430. de dicho Tratado cap. 12. „Mr. de Pontis, Comandante de la fragata de guerra Francesa la Meguera, habiendo salido de Bayona para Rochefort experimentó los fatales efectos de las xarcias extremamente torcidas; sus obenques y estays se alargaron en términos de precisarle á tesarlos repetidas veces, y la última que lo practicó fué en San Sebastian donde notó, que los obenques habian dado de sí quatro pies y medio. En fin á las 18 horas de haber salido de este último puerto, los advirtió tan floxos que se golpeaban contra los palos, de todos los quales, excepto el baupres, desarboló despues de un recio temporal."

Mr. de Pontis regresado á Rochefort, y necesitando remplazar casi todo su aparejo, se habilitó en gran parte de las xarcias construidas segun los principios de Mr. Du-Hemel, y con fecha de 16 de Abril de 1745 escribió la siguiente carta al autor citado.

„Las xarcias de la nueva construccion son excelentes hasta el „presente; todo el mundo conviene en esto mismo, y si en algo cabe „duda es solo relativamente á su duracion, sobre lo qual nos desen„gañará el fin de la campaña. Todos advierten tambien que las xar„cias de las maniobras firmes como los estays y obenques, tienen la „ventaja sobre las antiguas de dar mucho ménos de sí, y por conse„qüencia de sujetar mejor los palos; y en efecto durante nuestra tra„vesía nos hemos visto precisados á tesar cinco veces los obenques, „brandales, estays y contraestays de la xarcia de trinquete construi-

»da á la antigua, miéntras que nos ha bastado tesar una sola vez la »del palo mayor trabajada á la moderna. En quanto á los cabos de »la maniobra corriente, los hallamos tan flexîbles y manejables, que »sirviéndonos de ellos ahorramos en las maniobras la mitad de la »gente que se emplea con los antiguos. Es verdad que las cuerdas de »esta construccion nueva, no lisongean tanto la vista como las anti- »guas; en efecto presentan el aspecto de ya usadas, y casi de media »vida en el acto de ser nuevas; y sin duda por esta engañosa vista »se infiere que deben durar poco. Pero en prueba de lo contrario yo »observo, que las cuerdas de la construccion de Vmd. aunque pare- »cen muy viejas, aguantan mas que las otras de mejor aspecto. En »suma yo me hallo tan bien con las de Vmd. que quisiera tener »aparejada mi fragata de solas ellas."

LIBRO TERCERO.

DE LOS MOVIMIENTOS DE LOS BUQUES.

CAPÍTULO I.

Advertencias preliminares para los movimientos de los buques.

355 Los varios movimientos que se observan en los cuerpos no solo tienen lugar por la distinta naturaleza de las fuerzas que los impelen, sino tambien por los diferentes puntos de los cuerpos en donde estas mismas fuerzas se aplican. En todas las máquinas y primeramente en la palanca observamos esta prodigiosa variedad de efectos, dimanados de un mismo agente aplicado en puntos diversos. Un propio peso, una misma potencia qualquiera hace girar con mucha mas velocidad una palanca sobre su apoyo colocándola léjos de este punto, que no dexándola inmediata. En virtud de esto para tener una segura idea de la clase de movimiento que ocasionará en un cuerpo una fuerza conocida, no nos basta el tener valuada esta última, sino ademas nos importa saber el punto del cuerpo donde debe aplicarse.

Si A B (Lam. XIII. fig. 98.) es un plano, el peso M aplicado á la distancia D M obra respecto al punto D, de muy diverso modo que si se aplicase en el punto N. En la palanca concluimos que el producto de la masa M del cuerpo multiplicada por su distancia M D

al punto D, nos daba la fuerza relativa de este cuerpo. Este producto de la masa de un cuerpo por su distancia á un punto fixo, que es en lo que consiste el riguroso obrar de los pesos ó potencias, se llama el momento del tal cuerpo ó de la tal fuerza respecto á un plano ó determinado punto qualquiera. Esto es, que el momento de M respecto al plano ó línea A B, será M × D M. El de N relativamente al mismo plano será N × D N. De esta definicion que acabamos de dar de los momentos se ve que, teniendo las expresiones de los momentos con que obran qualesquiera fuerzas respecto á un plano, nos es sumamente fácil el concluir la distancia del tal plano á que las dichas están aplicadas. En efecto, supuesto que dividiendo un producto por un factor nos resulta el otro, bastará en las expresiones M × D M y N × D N, dividir por las masas ó potencias M y N, que suponemos conocidas, para tener por cocientes D M y D N, distancias del plano A B á los pesos ó potencias respectivas.

356 Si suponemos que á iguales distancias del punto ó plano C, obran por su gravedad dos pesos idénticos M, N, tendremos los momentos respectivos M × C M, N × C N, que serán iguales; pero aquí es menester advertir que contrariándose la gravedad de los dos cuerpos, no ocasionarán rotacion alguna sobre el punto C: y tendremos esta misma evidencia, si la expresion del momento con que obra M, la restamos de la de N: en cuyo caso será $N \times CN - M \times CM = 0$, por razon de la igualdad supuesta.

Por consiguiente para ver los efectos que distintos cuerpos ó potencias ocasionan en un plano ó punto fixo, conviene escribir como positivos los que hacen girar el plano segun un sentido, y como negativos los que le procuran el giro segun el opuesto.

Del mismo modo que teniendo la expresion M × D M del momento de M respecto á D, concluimos la distancia D M, tendremos la distancia de dos ó mas cuerpos, con tal que tengamos la expresion de sus momentos. Por exemplo, teniendo $M \times DM + N \times DN$, si esta suma de ambos momentos la dividimos por sus dos masas, nos resultará la distancia donde las dichas pueden considerarse reunidas respecto al plano A B.

Del centro de gravedad de los cuerpos.

357 Esto que hemos insinuado de los momentos, nos da lugar para decir algo acerca del centro de gravedad de los cuerpos en particular, y de sus sistemas en general. Llámase centro de gravedad un

punto tomado fuera ó dentro de un cuerpo ó de un sistema de cuerpos, por el qual este cuerpo ó sistema suspendido libremente queda inmovil y en equilibrio, como si toda la gravedad de dicho cuerpo ó sistema se hallase reconcentrada en el tal punto.

358 Si imaginamos una barra A B (Lam. XIII. fig. 99.) de igual espesor en todas sus partes las quales suponemos compuestas de una materia homogénea, digo que el centro de gravedad de esta barra se hallará en el punto E de su mediania, y apoyada en este, quedarán sus dos brazos en perfecto equilibrio sin tomar movimiento alguno giratorio. Para probar esta asercion consideremos las pequeñas partículas ó cuerpecillos c, b, d, f, &c. como las partes integrantes de dicha barra ó regla; y siendo estas iguales, y obrando á una propia distancia á un lado y otro del punto E, tendremos (en conseqüencia de lo dicho acerca de los momentos) que $b \times b\,E - d \times d\,E = o$: tambiem $c \times c\,E - f \times f\,E = o$: y lo propio de todas las demas. Luego el producto de toda la masa del brazo E A × por su distancia á E, ménos el producto de todo el brazo E B × por la misma, quedará reducido á cero. Y en conseqüencia la barra suspendida en E quedará, respecto al movimiento giratorio de sus brazos, como si no tuviese masa alguna, ó toda ella se hallase reconcentrada en dicho punto E. *

359 En virtud de esto se ve que podemos aplicar para el hallazgo del centro de gravedad, la misma doctrina insinuada para los momentos. Supongamos que se busque el centro de gravedad, ó el punto donde podemos considerar reunidos los dos pesos M y N, distantes del plano A D á quien corresponden por medio de la palanca inflexîble D N (Lam. XIII. fig. 98.). Imaginemos que por el medio C de la distancia intermedia de estos dos cuerpos, que para mayor facilidad supongo iguales, pase un plano C; entónces tendremos $\frac{M \times MC - N \times NC}{M + N}$, por la distancia del centro de gravedad de dichos cuerpos á C: esto es, que esta distancia es cero, ó bien que el centro de gravedad de dichos cuerpos se halla en C. Tomemos ahora $C = M + N$, ó á la masa de ambos cuerpos, y tendremos en la expresion $\frac{C \times DC}{C}$, la distancia D C del centro de gravedad de ambos

* Desde luego se ve que si se suspende la barra por el punto d ú otro distinto de E, la dicha girará sobre el punto de suspension hasta que la longitud A B de la barra tome una posicion vertical, y se confunda con la direccion de su gravedad.

cuerpos respecto al plano A B. Del propio modo hallariamos la distancia B P del centro de gravedad de los cuerpos F y Q, respecto al mismo plano B A. Despues sacando los cocientes de la cantidad $\frac{P \times BP + C \times CD}{P + C}$, tendriamos la distancia del plano al centro de gravedad de los cuerpos M, N, F, Q.

Esto mismo puede aplicarse sin discrepancia alguna, á uno de los métodos que hay para saber la elevacion del centro de gravedad de todos los pesos de un buque relativamente á un plano horizontal que pasa por la quilla. Imaginemos que A B (Lam. XIII. fig. 98.) represente dicho plano; M, N, &c. los varios pesos distribuidos en el buque á diversas elevaciones sobre la quilla. Del propio modo que hemos hallado el punto C por reunion de los pesos M y N, hallaremos en el navio el centro de gravedad de todo su casco. Tenido este, hallaremos el punto P que puede representar la reunion de los pesos particulares de la artillería de los puentes, palos, vergas, lastre &c.; y despues efectuando la division de la fórmula $\frac{C \times DC + P \times BP + \&c.}{P + C + \&c.}$, tendremos la distancia ó elevacion sobre la quilla en donde podemos conceptuar reunidos todos los pesos del navio. Del mismo modo hallaremos la distancia de este punto ó centro de gravedad respecto á la popa y proa.

De donde se concluye que para hallar la elevacion del centro de gravedad de un navio lastrado y cargado arbitrariamente, importa poner por numerador de un quebrado la suma de los productos de todos los pesos multiplicados por la elevacion respectiva de cada uno sobre la quilla, y por denominador la suma de los pesos; efectuando la division tendremos el punto deseado.

Del movimiento de rotacion.

360 Siempre que una fuerza obra contra un cuerpo para moverlo por la primera vez, ó para alterar el movimiento que ántes tenia, debemos considerar que la fuerza necesita vencer dos obstáculos distintos; el uno es la inercia de las partículas que componen la masa del cuerpo, y el otro su gravedad ó peso. Aunque la inercia y peso de los cuerpos sean proporcionales á su masa, sin embargo importa concebir que la inercia es una propiedad invariable é inseparable de los cuerpos, al paso que su peso es solo una propiedad accidental cuyo efecto se destruye, suponiendo que los cuerpos insistan sobre planos

horizontales perfectamente lisos. Por otro lado los pesos de los cuerpos varian, segun la distancia á que se colocan del centro de su atraccion.

361 Si la fuerza que obra contra un cuerpo se aplica inmediatamente sobre su centro de gravedad segun una direccion perpendicular, semejante fuerza se distribuye igualmente entre todas las partículas que componen la masa del cuerpo, ya sea que consideremos á la vez su inercia y su peso, ó solamente su inercia. Si el cuerpo es perfectamente duro, y la fuerza obra perpendicularmente contra su superficie exterior segun una direccion que prolongada pasa por el centro de gravedad, de suerte que toda la fuerza dicha se comunique á este último punto, se verifica lo propio que en el caso anterior, respecto á la igual distribucion de la fuerza actuante en todas las partículas que componen el cuerpo. Para convencerse de esto importa tener presente, que en la barra A B (Lam. XIII. fig. 99.) suspendida ó afirmada en su centro de gravedad E, para manifestar su perfecto equilibrio sobre este punto, se ha supuesto que toda su masa estaba dividida en dos sistemas de partículas iguales, y que el centro de gravedad de cada uno de estos dos sistemas ó brazos A E, E B de la barra, correspondia á cada uno de los extremos de una palanca cuyo punto de apoyo residia en el centro comun de gravedad de toda la masa ó barra. En conseqüencia se ve que una fuerza que obra directamente contra este punto de apoyo E, no altera en modo alguno la posicion respectiva de las partículas de que se compone la barra, ni ménos interrumpe en virtud de esto el equilibrio de los dos sistemas ó brazos A E, E B, al rededor de su centro comun E; resultando solamente un movimiento general á toda la palanca, cuyos extremos han de moverse con igualdad, y han de ser transportados paralelamente á la direccion que sigue el punto de apoyo.

362 Muy al contrario sucede si la fuerza aplicada á un cuerpo no obra segun una direccion que pase por su centro de gravedad, ó si á pesar de dirigirse hácia este punto debe exercer su esfuerzo oblíquamente contra su superficie. Para esto supongamos que el centro de gravedad de todo el cuerpo A N B E (Lam. XIII. fig. 100.), resida en C, y que una fuerza qualquiera obre sobre dicho cuerpo en el punto E, segun la direccion E P N. Si imaginamos que pase un plano por la direccion de dicha fuerza, dividirá en dos partes ó sistemas el total del cuerpo, cada uno de los quales tendrá su correspondiente centro de gravedad; y demos el caso que L lo sea de la

parte N A E, y Q de la restante E B N. Si de los puntos Q y L tiramos las perpendiculares Q P, y L P sobre la direccion E N de la fuerza, uniendo por una sola línea los centros L y Q, podremos imaginar toda la línea L Q como una palanca cargada en sus extremidades con todo el peso de las partes E A N y N B E. Siendo la fuerza que obra contra la masa total idéntica en todos los puntos de su direccion E N, corresponderá á una potencia igual aplicada en P, para hacer caminar la palanca L Q, segun la recta F N. Se ve que semejante potencia no puede comunicar una misma cantidad de movimiento á las dos porciones N A E y E B N, y por consiguiente no puede hacer adelantar con igualdad los puntos L y Q, segun una direccion paralela á F N; porque para que esto se verificase sería menester que la potencia aplicada en el punto P formase equilibrio con las potencias residentes en L y Q, y por lo tanto que los brazos P L y P Q, de la supuesta palanca L Q, estuviesen en razon inversa de las potencias L y Q; ó lo que es lo mismo, que L P fuese tanto mas larga respecto á P Q, quanto la masa de la parte A E N reconcentrada en L, es menor que la de la otra porcion residente en Q; lo qual no tiene lugar en el caso supuesto. De aquí resulta que la parte N A E, toma mas movimiento que la otra E B N, á medida de sus respectivos momentos relativos al punto P: esto es, á medida que la masa E A N × L P, es menor que la masa E B N × Q P.

Supuesto todo lo dicho, si en un cuerpo como el de la Lam. XIII. fig. 100. chocado por una fuerza cuya direccion no pasa por su centro de gravedad C, nos paramos á considerar su sola propiedad de inercia, prescindiendo de su peso el qual podemos suponer vencido por una causa qualquiera, en semejante circunstancia el efecto del choque supuesto se reducirá á comunicar al cuerpo chocado dos movimientos; uno de rotacion, y otro de translacion, si el cuerpo está enteramente libre; pero si está sujeto en algun punto, resultará solamente el movimiento de rotacion, ó de conversion al rededor de dicho punto fixo.

363 Despues de todo lo dicho, pasemos á considerar algunas propiedades de los movimientos de rotacion y translacion que experimentarian unas barras ó líneas qualesquiera supuestas inflexîbles, compuestas de una materia homogénea, y que pudiesen moverse en un medio enteramente libre donde ninguna resistencia dificultase su tránsito.

Supongamos que la barra A B (Lam. XIII. fig. 101.) cuyo centro de gravedad reside en el punto C, se halle chocada en P, segun una direccion R P perpendicular á su longitud. Es claro (art. 46.) que siendo la fuerza del choque perpendicular á la longitud A B, no debe descomponerse en otra alguna direccion, y solo debe distribuirse entre todas las partículas de la barra, procurándoles comunicar movimiento segun unas direcciones paralelas á la R P. Pero como la mencionada fuerza no puede comunicar movimiento alguno sin vencer ántes la resistencia causada por la inercia de las partículas, y como á causa de la inflexîbilidad de la barra crece el efecto de esta resistencia en cada partícula en particular, á medida que la partícula dista mas del punto de percusion, por el mismo estilo que un peso aplicado al extremo de una palanca causa respecto al punto de apoyo un efecto mayor segun la mayor longitud del brazo de la palanca, sucede que quando el punto de percusion P se halla separado del centro de gravedad C, é inmediato á uno de los extremos A de la barra, la inercia de las partículas colocadas hácia el extremo B, les impide separarse de la posicion A B con la propia velocidad que tienen las próxîmas al punto P, y en conseqüencia la barra A B toma un movimiento, que entre otras propiedades tiene las siguientes.

El centro de gravedad C de la barra A B, adelanta continua y uniformemente en la recta C K perpendicular á A B, ó paralela á R P, con una velocidad proporcionada á la cantidad de movimiento que debe haber tomado la partícula C, con respecto á la fuerza del choque.

Al paso que el centro de gravedad de la barra adelanta á lo largo de C K, trasladando la barra desde A B, á *a b*, la dicha sigue inclinándose mas y mas, y este movimiento de inclinacion continuo y uniforme, haciéndola pasar sucesivamente por todas las inclinaciones que pueden tener lugar sobre el plano en que se efectua el movimiento de la barra, la dicha adquiere despues del choque un movimiento uniforme de rotacion al rededor de su centro de gravedad. Todas las partículas pues comprehendidas entre C y A, giran en cierto sentido, y las terminadas entre C y B, en el opuesto. * Prescindiendo ahora de la medida de la rotacion de los extre-

* Si prolongamos la primera y segunda posicion de la barra A B (Lam. XIII. fig. 101.) hasta Q, es claro que dicho punto Q será el centro de rotacion de dicha barra quando la percusion se efectua en P. Si la percusion se practicase en el mismo punto C, que es el centro de gra-

mos de la barra y de otras consideraciones, pasemos á exâminar en un cuerpo semejante los efectos del movimiento anterior combinado con el primitivo que podia tener la barra.

364 Supongamos que la A B (Lam. XIII. fig. 102.) tenga un movimiento desde A para B, en el sentido de su longitud, y que al propio tiempo la choque una fuerza M P en el punto P perpendicularmente á la A B. En virtud del choque, la barra tomará un movimiento de translacion paralelo á M P, y otro de rotacion sobre su centro de gravedad C; dicho último punto C deberá caminar segun la C K, como acabamos de ver; pero como al propio tiempo toda la barra A B, y por consiguiente su centro de gravedad C, adelanta desde A para B, resulta que si C K y C E nos indican el camino que debe hacer C en virtud de las dos fuerzas en un tiempo determinado, dicho punto describirá la diagonal C D del paralelogramo formado sobre las dichas (art. 35.). Si á causa de qualquiera estorbo invencible, la barra A B no pudiese adelantar en el sentido de C K, y solo efectuar su movimiento de rotacion sobre C en virtud de la fuerza M P, al tiempo mismo que el todo de la barra adelanta la cantidad C E en el sentido de su longitud por razon de su movimiento primitivo, tendremos que en semejante caso resultando cero el camino segun la C K, la barra A B (Lam. XIII. fig. 103.) al paso que efectuará su giro tomando las inclinaciones B C *b* &c., se transferirá de la posicion *a b* á la *q p*, y su centro de gravedad seguirá abanzando, aquello poco ó mucho que abance, de C para E, en direccion del primitivo y único movimiento de translacion que se combina con el giratorio.

Todos estos principios, y singularmente los de este último artículo, son de una aplicacion bastante inmediata en las reflexîones que sucesivamente fundaremos acerca del obrar del timon y de la práctica de las viradas. La fuerza representada por M P, puede indicarnos muy bien los efectos con que contribuyen á llamar la proa á barlovento el timon y velas de popa, y la distancia C E puede re-

vedad de la barra, la dicha se trasladaria paralelamente á sí misma; y siendo en este caso (art. 361.) *a b* paralela á A B, su punto de concurso ó centro de rotacion Q estaria á una distancia infinita. En conseqüencia se puede ya inferir, que quanto mas cerca esté el punto de percusion P del centro de gravedad C, tanto mas léjos estará el centro de rotacion Q de la barra: y al contrario, quanto mas se aleje de C, ó se aproxîme al extremo A la percusion P, tanto mas próxîmo á B vendrá á caer el centro de rotacion Q. De todo esto debemos inferir, que si hacemos girar un buque por solo el medio del timon y velas de popa, esta parte será la que describa el mayor arco, y la proa apénas mudará de sitio girando todo el cuerpo del buque sobre este extremo: lo contrario debe verificarse quando se empleen las solas velas de proa.

presentarnos tambien sin violencia, el camino que durante el giro hace el centro de gravedad de un barco, en direccion del rumbo á que se gobernaba al principiar la evolucion; bien que para este último caso importa prescindir de la resistencia lateral de las aguas, y de su combinacion con el movimiento C E.

De la presion y fuerza de los líquidos en todas direcciones.

365 Ántes de entrar en otras particulares advertencias relativas á los movimientos de los buques, conviene que sentemos por principio general del modo de obrar de los líquidos, que la fuerza y presion de estos se exerce en todos sentidos igualmente. Para convencernos prácticamente de esta verdad, basta que sumerjamos una esfera vaciada por dentro en un estanque ú otro qualquiera receptáculo de agua; si en dicha esfera se abren varios agujeros en su parte inferior y en otras superiores, el agua se introducirá con violencia por todos ellos. Esto mismo se observa en todo barco que flota en el agua; si en dicho abrimos varios rumbos en el plano inferior de su quilla, y en las partes del costado que corresponden á sus varias líneas de agua, la dicha entra con ímpetu por los rumbos abiertos, y nos presenta en la bodega el espectáculo de varias fuentes y surtidores.

Síguese de aquí que un barco, ó todo otro cuerpo que flota libremente, se halla impelido de abaxo para arriba con una fuerza igual á su peso. En efecto el agua que ocupaba el lugar que ahora ocupa el navio, impelia á su inferior, y recíprocamente se hallaba impelida por esta última; por consiguiente el buque que llena el espacio de una determinada cantidad de agua y que hace sus veces, se hallará impelido de abaxo para arriba por su parte inferior, y para que se verifique el equilibrio, es menester que el cuerpo flotante oponga á este empuje una resistencia igual. La resistencia que el navio puede oponer consiste solamente en su peso, y así es preciso que éste iguale enteramente el de aquella cantidad de agua cuyo lugar ocupa ahora el buque; porque si esto no se verifica con todo rigor, queda destruido el equilibrio; y en el caso que el empuje vertical del agua superase la gravedad del buque, saldria éste de la superficie del líquido; y si por el contrario el peso del barco superase la resistencia vertical del fluido, se sumergiria en él en mayor cantidad.

366 En conseqüencia, si un navio con toda su carga pesa 67263259 onzas, es claro que ha de profundizar su casco en el agua

del mar hasta que se verifique un desplazamiento de agua salada de las mismas 67263259 onzas de peso. Sabemos que el lugar que ocupa un cuerpo no puede ocuparlo otro al mismo tiempo, y en virtud de este axîoma nos es fácil conocer qual será la línea de agua del buque cargado de un peso supuesto, como veremos (art. 379.). Aquí basta que nos conste, que pesando un pie cúbico de Burgos de agua del mar 779 onzas castellanas, el navio debe desplazar $86345\frac{504}{779}$ pies cúbicos de dicha agua, y por consiguiente profundizará su casco hasta que tenga cabida dicho desplazamiento; y si todo el volumen del buque no equivaliese á los mencionados $86345\frac{504}{779}$ pies cúbicos, se iria á fondo sin remedio. Este inconveniente de cargar un navio con un peso superior á lo que permite su volumen, no debe verificarse quando su cargamento se efectua en la forma ordinaria despues de botado al agua y quedar á flote. Porque en semejante caso se nota hasta que línea profundiza, y se prevee si se le puede, ó no, añadir mas peso. No sucederá otro tanto siempre que ocurra cargar por la primera vez un barco que está en seco dentro de un dique. En igual circunstancia puede tener conseqüencias muy funestas la ignorancia ú omision de los principios que hemos establecido. Ademas de lo insinuado acerca de la cantidad de la carga para que se verifique la flotacion de un buque, es menester atender á su distribucion, á fin de que los centros de gravedad del barco y de las resistencias verticales del fluido concurran en la conveniente vertical.

CAPÍTULO II.

De los tres exes que se consideran en los buques.

367 A pesar de las diversas figuras de los buques de que se hace uso, se nota en todos ellos la propiedad general siguiente. Que toda embarcacion se compone de dos partes perfectamente iguales unidas por la medianía en el sentido de su longitud; de suerte que en todo tiempo podemos concebir una seccion, que divida el navio en dos partes iguales y semejantes. Esta seccion que se imagina hecha en medio del buque desde la proa á la popa, se llama longitudinal; y la parte que queda á nuestra derecha mirando hácia proa, se llama estribor, y la izquierda babor. Estas dos partes no solo son semejan-

tes entre sí, sino que las maderas y demas materiales que las componen se procura que sean de igual peso. De aquí resulta segun lo dicho (art. 358. y 359.) que el centro de gravedad de todo el casco del navio debe encontrarse en la seccion longitudinal. Quando el buque subsiste en equilibrio sobre las aguas, dicha última seccion es perpendicular al horizonte, ó lo que es lo mismo vertical.

Para todos los movimientos de los buques importa que consideremos en su casco tres exee, que se cortan en el centro de gravedad en ángulos rectos. Sea G en la Lam. XIII. fig. 104. el centro de gravedad, y representenos J A C B K la seccion longitudinal; concibamos en ella una recta horizontal A G B, que pasando por el centro de gravedad G, atraviesa el barco de proa á popa; dicha línea A G B la llamaremos exe longitudinal. Imaginemos otra línea horizontal E G F que, siendo perpendicular á la A G B, pasa por el mismo punto G, y atraviesa el barco de estribor á babor; á esta línea la llamaremos exe transversal. Conceptuemos elevada otra recta vertical C G D que, pasando por el centro G, es perpendicular á los dos exes anteriores; dicha recta constituye el tercer exe que llamaremos vertical. Por dos de estos exes tomados alternativamente, podemos imaginar que pasan tres distintas secciones ó planos. El que pasa por el vertical C G D y el horizontal A G B á un tiempo, como J A C B K, se denomina el longitudinal segun diximos ántes. El que pasa por el vertical C G D y el horizontal E G F, como E C F, se llama transversal: y el que como B E A F, coincide con los dos exes horizontales A G B y E G F, se llama horizontal, y el dicho es siempre paralelo á la seccion que termina la línea de agua.

CAPÍTULO III.

En el qual se dá idea de los momentos con que diversas fuerzas contribuyen á los varios movimientos de los buques.

368 Una embarcacion ú otro cuerpo flotante qualquiera gravita sobre un fluido con un esfuerzo correspondiente á su peso. El fluido por el contrario le opone una resistencia igual al peso de su volumen desplazado, que pesa siempre lo mismo que el cuerpo. El peso de todo cuerpo se considera reunido en su centro de gravedad, y la vertical que pasa por dicho punto es la línea, segun la qual se dirigen de arriba para abaxo los esfuerzos del peso del cuerpo. El

centro de las resistencias de todo fluido está en el centro del volumen de la parte sumergida del cuerpo.

Por consiguiente si el centro de gravedad de todo cuerpo flotante coincide en una propia vertical con el centro del volumen de su parte sumergida, quedará el cuerpo inmovil y en perfecto equilibrio quando el fluido está en reposo. Porque el peso del cuerpo y la resistencia del fluido que son dos fuerzas iguales, se exercen en el caso supuesto á lo largo de una misma recta en direcciones diametralmente opuestas. Esto es lo que se verificará en la Lam. XIII. fig. 105. si el centro de gravedad C de todo el barco, y el punto V, que es el centro del volumen de la parte sumergida A B T R, coinciden en la propia vertical C V.

Si el centro del volumen sumergido en lugar de estar en V, se hallase en E, la resistencia del fluido obraria segun la vertical E F, y dicha fuerza produciria un movimiento de rotacion en el buque sobre su centro de gravedad C. Si f manifiesta la resistencia del fluido, ó el peso del buque, el momento con que éste actuaria para rotar seria $f \times$ C F, que es la distancia horizontal entre las verticales segun las quales actuan ambas fuerzas. Se vé claro que este momento aumentará segun aumente dicha distancia horizontal. Así tanto para conocer si el buque tendrá alguna rotacion ó no, sobre el centro de gravedad, como para distinguir quando los momentos que lo hacen girar, en virtud de dichas dos fuerzas, son mayores, es preciso hallar el centro de gravedad de una embarcacion, y el centro del volumen de su parte sumergida. * Sentada esta necesidad aun para el caso del reposo, pasemos á exâminar otras fuerzas que actuan en el caso del movimiento.

369 Exerzase una de ellas segun la vertical H D, y representemos su esfuerzo absoluto por f. El momento con que dicha fuerza sumergirá la proa y levantará la popa engendrando una rotacion sobre el exe transversal L S, que pasa por el centro de gravedad C y atraviesa el buque de babor á estribor, será $= f \times$ C D. Esta clase de momentos son los que producen las cabezadas del buque.

* Debemos advertir que quando el fluido está en reposo, los centros de gravedad y volumen del cuerpo sumergido concurren naturalmente en una misma vertical; y la rotacion y momento de que hablamos solo pueden tener lugar, en la circunstancia de alterar la coincidencia de ambos centros por medio de una fuerza extraña. Un exemplo de esto mismo se nos presenta, quando por medio de los aparejos se inclina un buque hácia una banda; en cuyo caso el empuje vertical de las aguas procura adrizar el barco, con un momento proporcionado á la distancia horizontal á que se ha alejado el nuevo centro del volumen del centro de gravedad.

Obre otra fuerza horizontalmente segun una recta Q D perpendicular á A B, y sea su esfuerzo $=f$. Dicha fuerza impelerá la proa para sotavento, por exemplo, y la popa para barlovento haciendo rotar el navio sobre el exe vertical V M que pasa por el centro de gravedad C. El momento con que actuará para dicho movimiento será $f \times$ C D. Esta clase de momentos obran para las orzadas, arribadas, y viradas de las embarcaciones.

Actue otra fuerza $=f$ en el punto N del exe vertical V M, perpendicularmente contra dicho exe segun una direccion horizontal O N perpendicular al plano del papel. Dicha fuerza procurará inclinar el buque con un momento $=f \times$ C N, originando una rotacion sobre el exe longitudinal A B, que atraviesa el buque de popa á proa y pasa por su centro de gravedad C. Del resultado de dichos momentos provienen los aguantes de vela de los barcos y sus balances.

Las velas distribuidas en diversas partes del buque son los principales agentes de estos varios movimientos.

Los esfuerzos parciales que el viento exerce sobre todos los puntos de la superficie de cada vela, se pueden reducir á un solo esfuerzo que resida en un punto determinado de dicha. Si en tal caso multiplicamos el esfuerzo lateral de la vela por la distancia horizontal del punto centro de sus esfuerzos al de gravedad del buque, su producto nos dará el momento con que la tal vela procura la orzada ó arribada del navio.

Si asimismo multiplicamos el esfuerzo lateral de la vela por la distancia vertical del punto centro de la reunion de sus esfuerzos al de gravedad del buque, tendremos en el producto el momento con que dicha vela procurará inclinar la embarcacion. Y así en adelante para los demas movimientos que ocasiona.

Si se tiene el punto centro de los esfuerzos de cada vela en particular, podemos hallar el mismo punto de reunion de los esfuerzos de todas las velas que vayan largas. En este punto residirá una fuerza igual á la suma de las fuerzas de todas las velas con que se navegare; por consiguiente si se quiere saber el momento con que cierto número de velas procura la arribada ú orzada de un navio, se deben sumar los esfuerzos laterales de cada vela larga, y esta suma multiplicarla por la distancia horizontal que hubiese del centro de gravedad del buque, al punto donde se consideran reunidos los esfuerzos laterales de todas las velas desplegadas. Para saber quanto

contribuyen las velas con que se navega para inclinar el buque, se deben tambien sumar sus esfuerzos laterales, y la suma multiplicarla por la distancia vertical que medie entre el punto centro de los esfuerzos de dichas velas, y el de gravedad del barco.

De todo esto se colige: 1.º la necesidad de hallar el centro de los esfuerzos de cada vela en particular, y las distancias horizontales y verticales de dichos centros particulares al de gravedad del buque, para maniobrar con acierto, y distinguir lo que qualquiera vela, segun su situacion, contribuye á hacer orzar, arribar ó abatir un buque. 2.º La de encontrar el punto de reunion de todos los esfuerzos de un qualquiera número de velas, y la distancia horizontal y vertical de dicho punto al centro de gravedad del barco, para estar seguros de la propension que tendrá el navio para orzar, arribar ó abatir, en virtud de las velas con que navegare.

CAPÍTULO IV.

Del centro de gravedad del navio.

370 El conocimiento de este punto es absolutamente necesario para comprehender todos los movimientos de rotacion de un buque, como acabamos de ver. Para hallarlo, segun lo dicho art. 359., se deben multiplicar los pesos de cada una de las partes que componen el navio y de todas las demas de su carga, por la distancia de su centro de gravedad al plano horizontal que coincide con la quilla. Si despues se divide la suma de todos estos productos por el peso total, el cociente expresará la distancia de dicho plano al centro de gravedad de todo el navio. Del mismo modo se procederá para encontrar la distancia horizontal de dicho punto á un plano vertical que pase por su proa ó popa. Este cálculo es largo y embarazoso, por el crecido número de pesos que importa exâminar; sin embargo puede executarse tomándolo por partes: por exemplo, puede hallarse primeramente el centro de gravedad de un cierto número de cuerpos, y trabajar para encontrar el centro general de gravedad de todos reunidos, del propio modo que se ha procedido para el hallazgo del particular de cada uno separado. Las dos tablas adjuntas encierran con suficiente claridad el por menor del proceder indicado.

Tabla 1.ª y cálculo para hallar el centro de gravedad del casco del navio.

	Su peso.	*Altura de su centro.*	*Productos.*
Quadernas..	8850.	6.½	57525.
Tablas de dentro y fuera.......	8100.	7.	56700.
Primera cubierta..	2640.	20.	52800.
Segunda cubierta..	2100.	27.	56700.
Sollado.......	2570.	13.	33410.
Alcazar y Castillo..	860.	34.	29240.
Toldilla......	250.	40.	10000.
Quilla, Contra-quilla, Zapata y Sobrequilla.	455.	−1.	—455.
Bularcamas y Busardas.....	650.	5.	3250.
Carlingas.....	50.	2.	100.
Mamparos de ladrillo y tabla.......	300.	7.	2100.
Timon.........	100.	12.	1200.
Taxamar.....	160.	18.	2880.
Obra de popa.......	40.	27.	1080.
Suma......	27125.		306985.
			—455.
			306530.

Partidos los 306530 por 27125, vienen al cociente 11 pies y 0,3, altura del centro de gravedad del casco del navio sobre la cara alta de la quilla.

Tabla 2.ª y cálculo para hallar el centro de gravedad del todo del navio.

	Su peso.	*Altura del centro.*	*Productos.*
Artillería.....	2400.	24.	57600.
Balas...........	800.	5.	4000.
Pólvora.......	280.	7.	1960.
Arboladura...........	670.	55.	36850.
Xarcia, Velamen y Motonería pendiente.....	670.	60.	40200.
Cables, Xarcia, Velamen y Motonería de respeto...	1000.	15.	15000.
Anclas.........	320.	34.	10880.
Viveres de tres meses..........	2850.	13.	37050.
Aguada de dos meses..........	1600.	7.	11200.
Lancha, Bote y Serení.....	300.	32.	9600.
Gente con su ropa...	800.	27.	21600.
Lastre.........	4935.	3.	14805.
Sumas.....	16625.		260745.
Sumas precedentes....................	27125.		306530.
Sumas totales.......	43750.		567275.

Partidos los 567275 por 43750, vienen al cociente 12 pies y 0,96, altura del centro de gravedad del todo del navio sobre la cara alta de la quilla.

Este cálculo es sin duda trabajoso si se practica con toda la extension que exîge. Sin embargo entre los demas medios para hallar el centro de gravedad hemos escogido este, como el mas propio para dar una idea de la resolucion de dicho problema en virtud de los principios establecidos; renunciando á la brevedad y elegancia de otros métodos. Reflexîonaremos aquí como de paso acerca de la necesidad ántes advertida de conocer este punto, y de las alteraciones que su diversa situacion puede producir en los movimientos de un buque. Una vez sentado que todos los movimientos de rotacion que tienen lugar en un buque, á causa de las fuerzas que se le aplican, varian segun la diversa distancia de estas fuerzas al centro de gravedad C (Lam. XIII. fig. 105.); tendremos que acercando este punto hácia proa ó popa, la propension del navio para cabecear, orzar, ó arribar en virtud de las mismas fuerzas H D, ó Q D, ya no será la misma. Porque distando estas fuerzas mas ó ménos del centro C, sus momentos relativos á dicho punto variarán, y en conseqüencia variarán tambien los movimientos mencionados que debemos considerar como efectos suyos. Por la misma razon si acercamos ó alejamos el centro C del punto N, donde suponemos que actua una fuerza O N para inclinar el navio, dicha inclinacion, que es el efecto con que obra la fuerza O N respecto á C, variará indubitablemente.

Por otro lado, en la tabla adjunta y método expuesto para encontrar el centro de gravedad C, vemos los distintos resultados que hubieramos podido concluir relativos á su situacion, habiendo variado, ó bien el número y calidad de los pesos, ó bien las alturas y demas distancias respectivas en que los suponemos colocados. Por exemplo, si en lugar de suponer la artillería en sus correspondientes puentes, la suponemos en la bodega, es claro que el producto del peso de dicha artillería por su elevacion sobre la quilla, será en extremo menor en este segundo caso que en el primero; y en virtud de ello resultará el centro C (Lam. XIII. fig. 105.) ménos elevado sobre la quilla, y crecerá en conseqüencia de esto el momento de la fuerza O N. Dicho aumento, como observaremos á debido tiempo, contribuye á que el navio tumbe, ó se incline ménos, pero á que balancee mas. De las diversas inclinaciones que toma un buque dependen, en gran parte, su mayor ó menor velocidad, su deriva y propension para orzar y arribar. De la violencia de los balances depende el aguante de los palos y demas partes del buque; y á toda esta variedad de efectos y otros que reservamos para adelante, da lugar

la mera traslacion de un peso considerable en el sentido de abaxo para arriba, ó al contrario.

Si tan distintos resultados tienen cabida de resultas de alterar el punto C en el sentido de la vertical V M, no son ménos los que se verifican por su variacion respecto á los exes horizontales A B y L S. El conocimiento de estas alteraciones y de sus causas, nos obligan á proceder con escrupuloso cuidado en las variaciones de los pesos de los buques. En los capítulos siguientes expondremos, bastante á la larga, el determinado efecto á que queda sujeto un navio á causa de aumentarle los pesos, quitárselos, ó transferirlos de un punto á otro. Por medio de estos conocimientos preveremos los resultados que debemos esperar en virtud de las diferencias inducidas en la estiba.

CAPÍTULO V.

Del centro del volumen.

371 Para que un navio que flota horizontalmente sobre el agua conserve dicha situacion horizontal, á pesar del lastre y demas pesos que importa añadirle con motivo de su armamento, nos es sumamente interesante el conocimiento del punto V centro del volumen de su parte sumergida, como vimos art. 368. Lam. XIII. fig. 105.; porque si estando el buque horizontal, no concurren en una misma vertical los centros de gravedad y volumen, el barco se irá inclinando segun la distancia entre ambos puntos y la figura de su casco.

Hemos sentado (art. 368.) que el centro de las resistencias con que un fluido obra verticalmente contra un cuerpo, está en el centro del volumen de la parte sumergida. En virtud de esto, para saber en qualquiera embarcacion, el punto de la dicha donde obran de abaxo para arriba las resistencias del fluido reunidas, nos bastará encontrar el centro del volumen de aquella parte del buque comprehendida entre su línea de agua y un plano horizontal coincidente con la quilla. Á fin de resolver este problema con toda la debida claridad y suficiente exâctitud, sentaremos ántes los siguientes lemas de geometría y mecánica.

Lema primero de Geometría.

372 Si, por exemplo, queremos hallar la superficie del polígono A G (Lam. XIII. fig. 106.), basta tirar una línea como A G que lo atraviese en el sentido de su mayor longitud, y baxar despues de

cada uno de los ángulos de la figura las rectas B M, L C, D K, E J, F H perpendiculares sobre la línea A G, y medir la extension de dichas líneas, como tambien los intervalos A N, N O, O P, P Q, Q R, R G. En virtud de esto la figura queda dividida en muchas partes, de las quales las dos últimas quando mas son dos triángulos, y todas las otras intermedias unos trapecios. Los primeros sabemos que se miden multiplicando su altura por la semibase. En quanto á los otros nos consta igualmente, que cada uno se mide multiplicando la semisuma de sus dos lados paralelos, por la distancia perpendicular que media entre dichos dos lados.

Si en lugar de ser la figura 106., fuese la 107. terminada, como se ve, por una línea curva, se medirá asimismo con toda la exâctitud necesaria para los casos prácticos, dividiendo la línea A T, tirada en el sentido de su mayor longitud, en un número de partes suficiente para que los arcos interceptados A B, B C, C D, &c. puedan reputarse líneas rectas sin error sensible; y con la idea de reducir el cálculo á su mayor sencillez, convendrá hacer las partes ó intermedios A O, O P, &c. iguales entre sí; en este caso para tener la superficie de dicha figura, deben sumarse todas las líneas B N, C M, D L, E K, F J, y la mitad de la última G H, si por casualidad el espacio curvilíneo se halla terminado por una recta G H perpendicular á la A T. Toda la dicha suma se multiplicará por uno de los intervalos A O, y en el producto tendremos la superficie que se busca. Todo lo qual es una inmediata conseqüencia del proceder que debemos guardar para medir la superficie de un trapecio. Porque en efecto para tener la superficie A B N, que es un triángulo, conviene multiplicar A O por la mitad de B N; para tener la superficie B C N M, importa multiplicar O P, ó su igual A O por la mitad de B N y de C M; para tener la comprehendida en C D L M, corresponde tambien multiplicar A O por la mitad de C M y de D L, y así en adelante; por consiguiente reuniendo todos estos productos se ve, que el intermedio comun A O se hallará multiplicado por dos mitades de B N, mas dos mitades de C M, mas dos mitades de D L, mas dos mitades de E K, mas dos mitades de F J, mas finalmente una mitad sola de la última línea G H: esto es, que A O debe multiplicarse por el total de las líneas B N, C M, D L, E K, F J, mas la mitad de la última G H.

Si se tratase de hallar solamente la superficie comprehendida entre la línea B N y la G H, no se tomaria la B N por entero, sino

su mitad: y en tal caso se tendria la superficie multiplicando A O, ó bien su igual O P, por la semisuma de la primera B N, mas la semisuma G H de la última, mas la suma entera de todas las otras intermedias.

Este proceder que acabamos de insinuar aquí para medir las superficies planas terminadas por líneas curvas, lo emplearemos al momento con grande utilidad, en la medida de la superficie de las secciones horizontales en que dividiremos la parte sumergida de un navio.

Lema segundo de Mecánica.

373 Para tener el centro de gravedad de la superficie de un triángulo A B C (Lam. XIV. fig. 108.), es menester tirar una recta A D desde su vértice A al punto D, que es la mitad del lado B C opuesto á dicho ángulo. Despues comenzando á contar desde el punto D, tómese la porcion D G, igual á $\frac{1}{3}$ de la longitud de la línea A D. G será el centro de gravedad que se busca.

En efecto, la recta A D que divide la B C en dos partes iguales en el punto D, dividirá asimismo en dos partes iguales todas las demas rectas como la M N, paralelas á la B C; por consiguiente si imaginamos compuesta la superficie del triángulo de la reunion de muchas líneas materiales tiradas paralelamente á la B C, la recta A D que pasa por la mitad de todas ellas, ó por los centros de gravedad de dichas, pasará por el centro comun de gravedad de todas, ó por el del triángulo. Igualmente la recta C E, que pasa por la mitad de la A B, pasará por la mitad de todas las rectas paralelas á la A B, y de cuyo agregado podemos suponer compuesto el triángulo: dicha línea C E pasará en virtud de lo dicho por el centro de gravedad de la tal figura. Por consiguiente el centro se halla en G, que es el punto de interseccion de ambas líneas. Si ahora tiramos la recta E D, la dicha resultará paralela al lado A C, supuesto que á causa de dividir los lados A B y B C en dos partes iguales, dicha línea E D distará en todos sus puntos igualmente de la A C. En conseqüencia de esto los triángulos E G D, A G C, serán semejantes; y asimismo los A B C, E B D; y tendremos G D: A G:: E D: A C:: B D: B C:: 1 : 2; por consiguiente G D es la mitad de A G, y el $\frac{1}{3}$ de A D. Supuesto que A G, ó 2 G D $+ 1$ G D $= 3$ G D $=$ A D.

De esto se debe inferir que para tener el centro de gravedad G de un trapecio (Lam. XIV. fig. 109.), importa tirar la línea E F por los puntos E y F, mitades de los dos lados paralelos C D y A B; y

desde los dos mismos puntos dichos conviene tirar á los dos ángulos opuestos las rectas E A, F D; despues tomando $Eq = \frac{1}{3}EA$, y $Fg = \frac{1}{3}FD$, tirar la línea qg, que cortará la E F en el punto G que se busca. Porque discurriendo por el mismo estilo que en el triángulo, se ve que el centro de gravedad G debe encontrarse á lo largo de la E F. Ademas siendo q y g los centros de gravedad particulares de los triángulos C A D, A D B, que componen el trapecio A B D C, el centro de gravedad comun á estos dos triángulos debe hallarse á lo largo de la qg; y por consiguiente en el punto G de la interseccion de las dos líneas. Para determinar la distancia F G se procederá como se sigue.

Tírense las rectas ql y gh paralelas á la A B. Supuesto que $qE = \frac{1}{3}AE$, y $Fg = \frac{1}{3}FD$, será $ql = \frac{1}{3}AF$, y $gh = \frac{1}{3}ED$: ó lo que es lo mismo, $ql = \frac{1}{6}AB$, y $gh = \frac{1}{6}CD$. Por la misma razon $El = \frac{1}{3}EF$; $Fh = \frac{1}{3}EF$; y por consiguiente $lh = \frac{1}{3}EF$. Pero los triángulos semejantes Glq, Ghg, dan $ql : Gl :: gh : Gh$; luego $ql + gh : Gl + Gh :: gh : Gh$: esto es, $\frac{1}{6}AB + \frac{1}{6}CD : \frac{1}{3}EF :: \frac{1}{6}CD : Gh$; luego $Gh = \frac{\frac{1}{3}EF \times CD}{AB + CD}$; y por consiguiente F G que es $= Fh + Gh$, será $= \frac{\frac{1}{3}EF \times CD}{AB + CD} + \frac{1}{3}EF$: esto es, $FG = \frac{\frac{1}{3}EF \times (AB + 2CD)}{AB + CD}$. Esta última expresion será la misma de que nos valdremos para encontrar el centro del volumen de la parte sumergida de un buque.

Debemos advertir de paso, que siempre que la altura del trapecio sea infinitamente pequeña, de modo que los dos lados A B y C D se diferencien en sola una cantidad infinitesima, en tal caso ambos lados deben reputarse iguales; de suerte que la expresion de la distancia F G, resulta $= \frac{\frac{1}{3}EF \times 3AB}{2AB} = \frac{1}{3}EF \times \frac{3}{2} = \frac{3}{6}EF = \frac{1}{2}EF$. Esto es, que en tal circunstancia, el centro de gravedad se halla á la mitad de la distancia de las dos bases opuestas.

374 Prévios estos dos lemas, supongamos que se quiera hallar la distancia vertical del centro del volumen de la parte sumergida de un navio respecto á la quilla, y la distancia horizontal de dicho centro del volumen á un plano vertical qualquiera que pase por la proa ó popa del dicho. Para ambos casos importa dar principio determinando el centro del volumen de una superficie como la A N D F P B (Lam. XIV.

fig. 110.) terminada por dos líneas paralelas A B, D F, y por dos curvas iguales y semejantes A N D, B P F. Concíbase tirada por los puntos C y E, mitades de las líneas A B y D F, la C E, que procuraremos dividir por medio de las perpendiculares T H, K M, &c. en un número de partes iguales bastante grande, para que los arcos comprehendidos entre las dos perpendiculares inmediatas puedan considerarse líneas rectas sin error sensible. Efectuado esto, se tomarán los momentos de cada trapecio D T H F, T K M H &c., respecto al punto E, y se dividirá la suma de estos momentos por toda la superficie A N D F P B. El cociente, como vimos hablando del centro de gravedad de los cuerpos, nos dará el punto deseado.

Para hallar la superficie de la Lam. XIV. fig. 110. que, como en adelante veremos, representa una seccion horizontal hecha á lo largo de un buque paralelamente á su línea de agua, debemos referirnos al primer lema donde hemos explicado á la larga este proceder; así lo que únicamente nos resta es, el tener una expresion sencilla de la suma de los momentos con que obran los trapecios respecto al punto E. Para esto convendrá primero encontrar la distancia del centro de gravedad de cada trapecio al punto E, y despues multiplicarla por la superficie de cada trapecio. La expresion de la distancia del centro de gravedad del primer trapecio T H F D al punto E, acabamos de ver en el art. 373. que es $\frac{\frac{1}{3} JE \times (DF + 2TH)}{DF + TH}$. La del segundo trapecio T K M H al mismo punto E, será por igual razon y á causa de la igualdad de las líneas J E, J L, $\frac{\frac{1}{3} JE(TH + 2KM)}{TH + KM} + JE$; ó bien $\frac{\frac{1}{3} JE(4TH + 5KM)}{TH + KM}$.*

Asimismo la distancia del centro de gravedad del trapecio N K M P, será $\frac{\frac{1}{3} JE(KM + 2NP)}{KM + NP} + 2JE$; ó bien $\frac{\frac{1}{3} JE(7KM + 8NP)}{KM + NP}$; y así sucesivamente hasta el penúltimo trapecio inclusive. La distan-

* Porque la expresion $\frac{\frac{1}{3} JE(TH + 2KM)}{TH + KM} + JE = \frac{\frac{1}{3} JE(TH + 2KM) + JE(TH + KM)}{TH + KM} = \frac{\frac{1}{3} JE(TH + 2KM) + \frac{3}{3} JE(TH + KM)}{TH + KM} = \frac{\frac{1}{3} JE(TH + 2KM) + \frac{1}{3} JE(3TH + 3KM)}{TH + KM} = \frac{\frac{1}{3} JE(4TH + 5KM)}{TH + KM}$. Por el mismo estilo se efectuan todas las demas reducciones de los términos de la série hasta el penúltimo término inclusive.

cia del centro de gravedad del último trapecio Q S B A, será $\frac{\frac{1}{3} J E (Q S + 2 A B)}{Q S + A B} + 4 J E = \frac{\frac{1}{3} J E (13 Q S + 14 A B)}{Q S + A B}$ *.

Siendo estas las expresiones de las distancias de los centros de los trapecios al punto E, debemos buscar ahora las de sus superficies para efectuar por ellas la multiplicacion, y obtener la suma de sus momentos respecto á E. Por la geometría, y por lo dicho en el lema primero (art. 372.), sabemos que la superficie del primer trapecio T H F D, es $= \frac{J E (D F + T H)}{2}$; pero la distancia al punto consabido es $\frac{\frac{1}{3} J E (D F + 2 T H)}{D F + T H}$: luego multiplicando entre sí estas dos expresiones, resulta $\frac{1}{6} J E.^2 (D F + 2 T H)$ por la expresion del momento con que obra el primer trapecio. Del propio modo hallaremos que la del segundo es $\frac{1}{6} J E^2 (4 T H + 5 K M)$; la del tercero $\frac{1}{6} J E^2 (7 K M + 8 N P)$ &c., y así en adelante: luego la suma de los momentos será $\frac{1}{6} J E^2 (D F + 6 T H + 12 K M + 18 N P + 24 Q S + 14 A B)$; donde puede advertirse que si la figura estuviese mas subdividida, el multiplicador del último término que aquí ha resultado 14, sería en general $2 + 3 (n - 2)$; ó $3 n - 4$, representando por n el número total de las perpendiculares D F, T H, &c., comprehendiendo entre dicho número la A B, que puede tambien ser cero. Así la expresion general de la suma de los momentos se reduce á $J E^2 (\frac{1}{6} D F + T H + 2 K M + 3 N P + 4 Q S +$ &c.... $+ \left(\frac{3n-4}{6}\right) A B)$. Pero nosotros acabamos de ver (art. 372.) que la superficie A N D F P B, se representa por la expresion $J E \times (\frac{1}{2} D F + T H + K M + N P +$ &c.... $+ \frac{1}{2} A B)$: luego (art. 359.) la distancia del centro de gravedad G de dicha figura al punto E, ó bien $E G = \frac{J E \times (\frac{1}{6} D F + T H + 2 K M + 3 N P + \text{\&c....} + \frac{(3n-4) A B}{6})}{\frac{1}{2} D F + T H + K M + N P + \text{\&c....} + \frac{1}{2} A B}$. Esto quiere decir que para tener la distancia del centro de gravedad G, á una de las ordenadas extremas D F, importa 1.º tomar la sexta

* En esta reduccion se tendrá tambien presente que $\frac{\frac{1}{3} J E (Q S + 2 A B)}{Q S + A B} + 4 J E =$

$$= \frac{\frac{1}{3} J E (Q S + 2 A B) + 4 J E (Q S + A B)}{Q S + A B} = \frac{\frac{1}{3} J E (Q S + 2 A B) + \frac{12}{3} J E (Q S + A B)}{Q S + A B} =$$

$$= \frac{\frac{1}{3} J E (Q S + 2 A B) + \frac{1}{3} J E (12 Q S + 12 A B)}{Q S + A B} = \frac{\frac{1}{3} J E (13 Q S + 14 A B)}{Q S + A B}.$$

parte de la primera ordenada D F; la sexta de la última ordenada A B multiplicada por el triplo número de las ordenadas ménos quatro; despues tomar la segunda, el duplo de la tercera, el triplo de la quarta, y así sucesivamente; lo qual nos dará una primera suma. 2.° Á la mitad del total de las dos ordenadas extremas añadir todas las ordenadas intermedias, lo qual nos dará una segunda suma. 3.° Dividir la primera suma por la segunda, y multiplicar el cociente por uno de los intervalos.

Por exemplo, si hubiese 7 perpendiculares cuyos valores fuesen 18, 23, 28, 30, 30, 21, 0, pies, y que cada intervalo fuese de 20 pies, se tomaria la sexta parte de 18 que es 3, y como el último número es cero, al 3 le añado 23, el duplo de 28, el triplo de 30, el quadruplo de 30, y así en adelante; lo qual me da 397. Despues á la mitad de 18 le añado 23, 28, &c., y tengo 141; dividiendo ahora 397 por 141, y multiplicando por 20, me resulta $\frac{397 \times 20}{141}$, ó bien $\frac{7940}{141}$ que me da 56 pies y 4 pulgadas con corta diferencia.

375 Una vez que hemos determinado el centro de gravedad ó de volumen de una seccion qualquiera, resulta muy fácil el determinar el de un sólido, y por consiguiente el de la parte sumergida de un navio.

Supongamos que se quiera tener la elevacion del centro del volumen de la dicha parte de un buque sobre su quilla. Para esto se imaginarán varias secciones longitudinales paralelas á la línea de agua, las quales subdividan el espacio vertical comprehendido entre dicha línea y un plano horizontal coincidente con la quilla (Lam. XIV. fig. 111.). La solidez de cada espacio comprehendido entre las dos secciones paralelas, será igual (art. 372.) á la mitad de la suma de las dos secciones opuestas que comprehenden este espacio, multiplicada por el espesor de este mismo espacio; su centro de gravedad se hallará en dicho intervalo á la misma altura que el del trapecio *a b c d*, que es una seccion hecha por un plano vertical que pasa por la quilla. Se ve pues que el proceder que aquí debemos observar para tener la altura E G (Lam. XIV. fig. 112.) del centro de gravedad ó volumen, en nada se diferencia del prescripto anteriormente; debiendo substituir á las voces de perpendicular ú ordenada la de seccion; de suerte que la operacion se reduce á tomar 1.° la sexta parte de la seccion inferior, la misma sexta parte de la superior multiplicada por el triplo número de secciones practicadas ménos quatro, la segunda

seccion contada desde abaxo, el duplo de la tercera, el triplo de la quarta, y así en adelante: lo qual nos dá una primera suma. 2.° Á tomar la mitad del total de las dos secciones superior é inferior, y el todo de todas las otras intermedias. 3.° Á dividir la primera suma por la segunda, y multiplicar el cociente por la distancia ó intervalo comun de una seccion á la otra.

376 Del propio modo se procederá para encontrar la distancia del centro del volumen al plano ó línea vertical x z, tirado por un determinado punto b del codaste (Lam. XIV. fig. 112.); imaginando dividida la parte sumergida de un buque por varios planos paralelos á la barenga maestra; pero como seria menester medir la superficie de estas secciones, vale mas emplear las que tenemos medidas anteriormente; por lo qual determinaremos como ántes los centros de gravedad ó volumen g, g de cada una de las secciones paralelas á la quilla, cuya distancia á la vertical x z, será la misma que la del centro del volumen g del espacio correspondiente. Se multiplicará cada seccion por la distancia de su centro de volumen á la línea x z, y considerando cada producto como la ordenada de una línea curva semejante á la Lam. XIV. fig. 110., se tomará la semisuma de los dos productos extremos, y la suma de todos los productos intermedios; y despues de haber multiplicado todo esto por el espesor de uno de los intervalos, se dividirá por la suma de todas las secciones intermedias, mas la semisuma de las dos extremas.

CAPÍTULO VI.

Del metacentro.

377 El objeto del capítulo anterior en buscar el centro del volumen de la parte sumergida de un buque, ha sido para conocer el momento con que las resistencias de los fluidos obran para hacer girar las embarcaciones. En este daremos idea de la necesidad de estos momentos, y de las condiciones indispensables para que dichos tengan lugar. Supongamos (en la Lam. XIV. fig. 113.) que el navio A B L se halle inclinado en virtud de una fuerza que obra segun la M Q. Sea A R su línea de agua quando está recto, y G L la que le corresponde en el estado actual. Supongase ademas la línea B C E Q perpendicular á la A R; dicha línea B C E Q será una vertical en el caso de rectitud, y una obliqua en el de inclinacion. Sea C el centro de gravedad del navio y el centro del volumen primitivo. Como la

parte B R L ha sumergido un tanto mas, y la B G A ha descubierto, se sigue que en la inclinacion el centro del volumen ya no puede residir en C; y así supongamos que haya pasado á N.

Hemos visto (art. 365.) que la fuerza resistente que oponen los fluidos á la inmersion de los cuerpos, obra á lo largo de una línea vertical. Por tanto la vertical N E indicará la direccion absoluta de esta fuerza, y la horizontal C N medirá el intermedio de las dos verticales que pasan, la una por el centro de gravedad C, y la otra por el nuevo centro del volumen N. En conseqüencia de lo dicho (art. 355.) si hacemos el empuje de las aguas ó el peso del navio $=f$, tendremos en $f\times$ C N, la expresion del momento con que la resistencia del fluido procura adrizar el navio.

Si en vez de suponer el centro de gravedad en C, lo imaginamos en D, la horizontal E P indicará la distancia entre ambas verticales; y el momento con que contribuirá la fuerza vertical de las aguas para hacer girar el buque en el caso de la inclinacion supuesta, será $=f\times$ E P. Pero desde luego se vé que suponiendo el centro de gravedad elevado hasta D, el momento $f\times$ E P inclinará el navio mas y mas, obrando de mancomun con el momento de la fuerza M Q.

Si suponemos que el centro de gravedad reside en el mismo punto E donde la vertical N E corta á la recta C Q, en tal caso se confunden en una misma las verticales que pasan por ambos centros, y siendo ninguna la distancia horizontal intermedia, resulta $f\times o=o$, el momento con que el empuje vertical de las aguas puede contribuir á adrizar el buque; y así este último seguirá sin poder recobrar su rectitud, pasando por las inclinaciones que le procure la fuerza M Q.

Luego de los diversos puntos donde la vertical N E, elevada por el nuevo centro del volumen, corta á la línea B C E Q, depende el que un navio despues de inclinado, ó se incline mas, ó se adrize en virtud de las resistencias del fluido; y quando se dá el caso que la vertical N E corta á la B C E Q en el punto E, donde se halla el centro de gravedad, entónces el buque una vez inclinado no puede volver á adrizarse: por esta singular propiedad del punto E, en donde ambas líneas se cortan, lo llamó sin duda Mr. Bouguer Metacentro: esto es, el término del centro, ó la mayor altura donde puede colocarse el centro de gravedad en un buque, para que las resistencias del fluido no contribuyan á aumentar las inclinaciones adquiridas en virtud de otras fuerzas qualesquiera.

378 De todo lo dicho se colige la necesidad de este momen-

to $f \times$ C N, para que el navio pueda adrizarse; por que si no exîstiese dicho momento, habiéndose inclinado en virtud de una fuerza como la representada por M Q, no podria recobrar en modo alguno su primitiva situacion recta. Por poco que reflexîonemos en los triángulos C E N, y E D P, concluiremos que por las distancias horizontales C N, ó E P, se puede substituir la expresion sen. E × C E. En efecto tenemos R: C E:: sen. E: C N = C E × sen. E. Del momento resistente $f \times$ sen. E × C E, y de aquel con que obra la fuerza M Q, provienen los balances de las embarcaciones aun sin el influxo de las olas. En efecto la fuerza lateral de las velas representada por M Q, contribuye á inclinar el navio con un momento correspondiente á su elevacion sobre el centro C de gravedad; y la resistencia vertical de las aguas se opone á dicho movimiento, con un momento $= f \times$ sen. E × C E. Por consiguiente siempre que cesa ó disminuye la fuerza M Q, el navio recobra su situacion recta en virtud de la f. Este tránsito de la inclinacion á la rectitud no puede efectuarse, sin que tenga lugar el movimiento de rotacion sobre el centro C á uno y otro lado, al modo de los pendulos: cuyo movimiento constituye los balances.

Quanto mas baxo se halle el centro C de gravedad, con tanta mayor violencia se adrizará el navio y efectuará su balance: todo al contrario sucederá si está mas elevado. En conseqüencia de lo qual no nos será extraño el concebir desde ahora, por que razon la translacion de los pesos de un lugar alto á otro inferior, que aumenta la estabilidad ó disminuye las inclinaciones de los buques, contribuye á la mayor violencia de los balances; resultando de aquí, como en adelante veremos, que los aumentos de pesos inferiores perjudican á la seguridad de la arboladura.

CAPÍTULO VII.

De la línea de agua.

379 Para que un cuerpo que flota en un fluido permanezca en reposo, es menester, á mas de lo dicho art. 371., que el peso del cuerpo sea igual al peso de aquella cantidad de agua desplazada por dicho. Segun este principio si el peso de un navio asciende á 67263259 onzas castellanas, es claro que el agua desplazada por la parte sumergida del navio pesará las mismas 67263259 onzas. Sabemos que un pie cúbico de Burgos de agua del mar pesa 779 onzas castella-

nas; * por consiguiente dividiendo 67263259 por 779, nos resultarán en el cociente los pies cúbicos de agua del mar que el mencionado navio debe desplazar para flotar tranquilamente sobre dicho líquido; el tal cociente resulta $86345 \frac{504}{779}$ pies cúbicos. Como el lugar que ocupa un cuerpo no puede ser ocupado por otro, resulta que el modo con que un navio ó cuerpo flotante desplazará los $86345 \frac{504}{779}$ pies cúbicos de agua ú otro número qualquiera, consiste solo en que el volumen de aquella parte que sumerge equivalga á dicha cantidad de pies cúbicos; en virtud de esto si queremos saber la línea de agua en que flotará el buque que nos sirve de exemplo, nos basta medir en él $86345 \frac{504}{779}$ pies cúbicos de volumen, desde un plano horizontal coincidente con la quilla, hasta otro plano superior paralelo al primero. La línea horizontal que pase por dicho plano, entre el qual y el de la quilla se encierran los $86345 \frac{504}{779}$ pies cúbicos, será la línea de agua en que flotará el navio cuyo peso total lo hemos conceptuado de 67263259 onzas castellanas. Si suponemos otro buque cuyo peso total sea diferente, resultarán diversos los pies cúbicos de agua que debe desplazar, y por consiguiente la cantidad que debe sumergir; pero el método para determinar su línea de agua será siempre el mismo.

Segun todo lo insinuado, el método de determinar la línea de agua de un buque requiere principalmente dos operaciones trabajosas, si se practican con la escrupulosidad debida. La primera, como acabamos de ver, consiste en determinar el peso total de un navio armado y equipado en los términos que debe navegar; los medios conducentes á dicha determinacion, en nada deben diferenciarse de los expuestos en el art. 370. y su tabla adjunta, que hemos usado para hallar el centro de gravedad; y donde encontraremos los pesos parciales de las diferentes partes que componen el buque, y en su

* Segun la nota (*a*) del artículo 109 del segundo tomo del Exâmen Marítimo de D. Jorge Juan, el peso de un pie cúbico Frances de agua del mar lo halló por sus experiencias hechas en el Callao, de $77 \frac{11}{32}$ libras Castellanas. El pie cúbico de París es al pie cúbico de Burgos, como 7^3 á 6^3; y por consiguiente se deduce próxîmamente la cantidad de 779 onzas Castellanas por el peso de un pie cúbico de Burgos de agua del mar. Para tener en onzas Castellanas el peso de un pie cúbico Ingles de agua del mar basta saber, que el pie Frances es al Ingles como 16 á 15.

suma el peso total que se busca. La segunda operacion consiste en medir el volumen de la parte sumergida de un navio, ó del todo de su casco. Para esto debemos reducirnos á lo dicho en el art. 374. y siguientes, en donde se dió el método para determinar el centro del volumen de la parte sumergida de una embarcacion. En efecto si principiando desde la quilla suponemos dividido el todo ó parte del cuerpo del navio, por unas secciones ó planos horizontales, por el estilo del que nos presenta la Lam. XIV. fig. 110., nos será fácil en primer lugar, hallar la superficie de cada una de las secciones como la de dicha figura, dividiéndola en un crecido número de trapecios D H, T M, K P &c. Para encontrar despues el volumen comprehendido entre dos secciones horizontales, considerando dicho espacio como el de un prisma terminado por dichas secciones paralelas, bastará tomar la mitad de la superficie de la seccion superior, y la mitad de la inferior, y dicha suma multiplicarla por la distancia intermedia de dichas secciones; y en el supuesto que la seccion ó plano horizontal que determine la línea de agua se denomine la primera, para tener el volumen comprehendido entre dicha seccion y la inferior siguiente, basta tomar la mitad de la superficie de dicha primera, mas la mitad de la segunda, y esta suma multiplicarla por la distancia intermedia. Para tener el espacio encerrado entre la segunda y tercera, convendrá tambien tomar la mitad de la segunda, mas la mitad de la tercera, y dicha cantidad multiplicarla por la distancia intermedia, la qual será constante y la misma que corresponde entre la primera y segunda seccion, á causa de haber dividido el cuerpo del navio por los planos ó secciones horizontales equidistantes.

380 Las dos atenciones que debemos observar en este método consisten, 1.º en dividir cada una de las secciones ó planos horizontales, como el A N E H P B de la Lam. XIV. fig. 110, en un número de trapecios D H, T M, K P, bastante crecido para que las porciones N K, M P, de la línea curva que figura la curvidad del costado de un buque, puedan considerarse líneas rectas sin error sensible. 2.º En que las secciones ó planos horizontales en que suponemos dividido el cuerpo total ó la parte sumergida del navio, sean en número suficiente para que, con insensible diferencia, se verifique el paralelismo é igualdad de la seccion primera y segunda, de la segunda y tercera, de la tercera y quarta &c.

381 En conseqüencia de todo lo dicho, supongamos dividido el cuerpo del navio en cinco secciones ó planos como el de la Lam. XIV.

fig. 110., y que las líneas D F, T H, K M &c., en que dividimos la superficie de una de dichas secciones, corresponden á lo ancho de las barengas, ó á lo largo de los baos en cada seccion correspondiente; y la línea ó cantidad constante E J, á la distancia entre barenga y barenga. En este supuesto denominando 0, 1, 2, 3, 4, lo largo de las líneas D F, T H &c.; y d la constante distancia intermedia E J, tendremos $(0+1)\frac{1}{2}d$ por el area comprehendida entre la primera y segunda barenga; $(1+2)\frac{1}{2}d$ por la comprehendida entre la segunda y tercera; y por consiguiente el area ó plano comprehendido entre la 0 y la 4 será $=(0+1)\frac{1}{2}d+(1+2)\frac{1}{2}d+(2+3)\frac{1}{2}d+(3+4)\frac{1}{2}d$, y reduciendo tendremos $(\frac{1}{2}0+1+2+3+\frac{1}{2}4)d$. Por este estilo hallaremos la superficie de cada uno de dichos planos.

Para hallar ahora los espacios encerrados entre plano y plano, supongamos que las superficies de los dichos nos las representen las letras a, b, c, l, e, y que la distancia intermedia sea $=d$. Por lo dicho tendremos que el sólido comprehendido entre las secciones a y b será $=(a+b)\frac{1}{2}d$; el comprehendido entre b y c, será $=(b+c)\frac{1}{2}d$; y así en adelante. Por consiguiente la expresion del sólido ó volumen total del navio, ó de aquella parte comprehendida entre un plano superior y la misma quilla, será $=(a+b)\frac{1}{2}d+(b+c)\frac{1}{2}d+(c+l)\frac{1}{2}d+(l+e)\frac{1}{2}d$; y reduciendo, $(\frac{1}{2}a+b+c+l+e+\frac{1}{2}q)d$: significando por q el area ó superficie de la quilla. De suerte que dicho volumen será igual á la suma de todas las secciones intermedias mas la mitad de las extremas, multiplicada por la distancia comun d entre dichas secciones. Para la exâctitud del resultado, es menester añadir el volumen de la parte sumergida del tajamar, del timon, del codaste y bordas.

382 Es comun en varias comisiones el aumentar ó disminuir la carga de un navio. En semejante circunstancia para tener la alteracion que sufrirá la primitiva línea de agua por la adicion de un peso qualquiera, se procederá como se sigue. 1.º Se reducirá el dicho peso á onzas castellanas las quales se dividirán por 779, que es lo que pesa cada pie cúbico de agua del mar; el cociente nos dará el número de pies cúbicos de agua que debe el navio desplazar de mas: ó lo que es lo mismo, la cantidad de pies cúbicos de su volumen que debe sumergir de nuevo á causa del peso añadido. Teniendo esta cantidad de pies cúbicos, los dividiremos por el número que nos exprese en pies quadrados el valor de la superficie del plano de flota-

cion, ó de la antigua línea de agua; el cociente indicará lo mas alta que resulta la nueva línea de agua de la que ántes tenia el navio. Por exemplo, supongamos que al navio, que anteriormente nos sirvió de exemplo, se le añadan 2736741 onzas de peso, divididas por 779 dan $3513\frac{114}{779}$ pies cúbicos; los quales divididos por 5810, que es el valor en pies quadrados de la superficie del primitivo plano de flotacion, resulta por cociente algo mas de 7 pulgadas: lo que nos dá á entender que á causa de la adicion de 2736741 onzas, la nueva línea de agua de dicho navio resulta unas 7 pulgadas mas elevada que la anterior.

283 Para evidenciar esta práctica basta reflexîonar sobre el método expuesto en el art. 381., para medir el número de pies cúbicos de volumen comprehendido entre dos de las secciones ó planos longitudinales. Allí en efecto vimos que para tener dicho sólido bastaba tomar la mitad de la superficie del plano superior, y la mitad de la del inferior, y esta suma multiplicarla por la letra d, que indicaba la altura ó distancia perpendicular de una seccion á otra. Atendiendo al mismo método se vé claro, que si teniendo el sólido ó número de pies cúbicos de volumen comprehendido entre ambas secciones, se quiere tener la distancia intermedia, basta dividir dicho sólido por la cantidad que nos expresa la semisuma de una y otra seccion; pues dividiendo el producto por uno de sus factores debe resultar el otro. Segun esto mismo en el caso de que se trata, tenemos en la reduccion de onzas de peso á pies cúbicos de agua del mar, el valor del sólido que deben encerrar la primitiva y nueva línea de agua; por consiguiente para tener la altura ó distancia entre ambas líneas ó planos, deberemos dividir los $3513\frac{114}{779}$ pies cubicos de volumen, por la semisuma de la superficie del primitivo plano de flotacion, mas la semisuma de la superficie del nuevo; pero en el supuesto de que la cantidad de pies cúbicos de volumen que resulta no es extraordinaria, es claro que las superficies de ambos planos de flotacion, por distar poco, se diferenciarán entre sí en una cantidad despreciabilísima, y así la semisuma de ambas superficies equivaldrá á la superficie de una sola. Se vé en virtud de la aclaracion que acabamos de dar de nuestro proceder, que para que el dicho goce de la debida exâctitud, importa que el peso añadido no sea extraordinario; á fin de que el primitivo y nuevo plano de flota-

cion, que deben encerrar los correspondientes pies cúbicos de volumen, resulten poco distantes, y puedan considerarse iguales; substituyendo en la operacion la suma de una superficie, en vez de la semisuma de ambas. *

CAPÍTULO VIII.

De los métodos para hallar la distancia del punto de reunion de las velas al centro de gravedad de un buque.

384 Supongamos por ahora que las velas son planas; en cuyo caso los centros de sus esfuerzos estarán en los centros de las superficies particulares de cada vela. En el capítulo siguiente veremos la correccion que se debe aplicar á causa de la mayor curvidad que adquieren las velas en la parte de sotavento. En el supuesto que aquí se trata, para tener la elevacion del centro de los esfuerzos de qualquiera vela sobre el centro de gravedad del buque, basta conocer la distancia vertical que hay desde la quilla al centro de la superficie de la vela, y restando de esta distancia lo que el centro de gravedad está elevado sobre la quilla, tendremos en el residuo la elevacion del centro de los esfuerzos de la tal vela sobre el exe horizontal que pasa por el centro de gravedad del barco.

La distancia horizontal del centro de cada vela al exe vertical que pasa por el centro de gravedad de un buque, se hallará midiéndola materialmente; y respecto á la mayor, gávia, trinquete, velacho, sobremesana y demas velas redondas, pueden considerarse sus respectivos palos las verticales que pasan por sus centros. En conseqüencia, para tener la distancia horizontal del centro de gravedad del navio al centro de los esfuerzos de cada una de dichas velas redondas, basta saber quanto dista horizontalmente cada palo del centro de gravedad del buque. Habiendo de dar algunos exemplos del modo de concluir la elevacion y distancia horizontal del centro de los esfuerzos de qualquiera número de velas, respecto al centro de gravedad de un navio, nos valdremos de las medidas

* En los artículos 649 y 650 del capítulo de la estiba se explica la construccion y uso de las tablas y escalas Estereograficas, por medio de las quales puede encontrar el maniobrista en un momento las alteraciones de calado que debe ocasionar qualquiera variacion en la cantidad de la carga; é inversamente que aumento ó diminucion de carga se necesita para alterar convenientemente la línea de agua del buque.

y demas datos concluidos por D. Jorge Juan en el navio de 60 cañones que le sirvió de exemplo.

385 La tabla 1.ª contiene las áreas de todas las velas de un navio de 60 cañones que sirvió de exemplo á Don Jorge Juan.

Tabla 1.ª de las áreas de todas las velas.

Nombres de las velas.	*Anchura media.*	*Caida.*	*Area.*
Vela mayor	80.	44.	3520.
Vela de gávia	65.	56.	3640.
—con un rizo tomado	67.$\frac{1}{8}$	48.	3222.
—con dos rizos	69.$\frac{1}{5}$	40.	2768.
—con tres rizos	71.$\frac{1}{4}$	32.	2280.
Trinquete	66.$\frac{12}{13}$	39.	2610.
Velacho	55.	52.	2860.
—con un rizo tomado	56.$\frac{3}{5}$	44.$\frac{4}{7}$	2525.
—con dos rizos	58.$\frac{1}{3}$	37.$\frac{1}{7}$	2167.
—con tres rizos	60.	29.$\frac{5}{7}$	1783.
Mesana			1300.
Sobremesana			1720.
Juanete mayor			1500.
Juanete de proa			1130.
Cebadera			1250.
Foque			1060.
Contrafoque			410.
Ala de gávia			1100.
Ala de velacho			860.
Rastrera			1500.
Vela de estay mayor, de gávia, ó volante			700.
Vela de estay de mesana, sobremesana, ó juanete			400.

386 La tabla 2.ª incluye las elevaciones del centro de los esfuerzos de todas las velas del mismo navio.

Tabla 2.ª de la elevacion del centro de los esfuerzos de cada vela.

Nombres de las velas.	*Elevaciones.*
El centro de la vela mayor	42. P.
Del trinquete	41.
De la gávia toda larga	91.
—con un rizo tomado	87. $\frac{2}{3}$
—con dos rizos	84. $\frac{1}{6}$
—con tres rizos	80. $\frac{1}{2}$
Del velacho todo largo	84.
—con un rizo tomado	80. $\frac{4}{5}$
—con dos rizos	77. $\frac{1}{2}$
—con tres rizos	74.
De la mesana	47.
De la sobremesana	75.
Del foque al extremo del botalon	73.
Del contrafoque	58.
Del juanete mayor	133.
Del juanete de proa	123.
De la vela de estay mayor y de mesana	33.
De la cebadera	23.
De la vela de estay de gávia	75.
De la vela de estay volante	92.
De la vela de estay de sobremesana	73.
De la vela de estay de juanete mayor	122.

387 Si ahora las áreas de las velas las multiplicamos por las respectivas elevaciones de sus centros, tendremos los productos que expresa la tabla 3.ª

Tabla 3.ª de las áreas de las velas multiplicadas por las elevaciones de sus centros.

Nombres de las velas.	*Areas.*	*Elevaciones.*	*Prod.tos* $= n A^2$
De la vela mayor	3520.	42.	147840.
Del trinquete	2610.	41.	107010.
De la gávia	3640.	91.	331240.
—con un rizo	3222.	87.$\frac{2}{3}$	282340.
—con dos rizos	2768.	84.$\frac{1}{6}$	232854.
—con tres rizos	2280.	80.$\frac{1}{2}$	183566.
Del velacho	2860.	84.	240240.
—con un rizo	2525.	80.$\frac{4}{5}$	203964.
—con dos rizos	2167.	77.$\frac{1}{2}$	167857.
—con tres rizos	1783.	74.	131980.
De la mesana	1300.	47.	61100.
De la sobremesana	1720.	75.	129000.
Del foque	1060.	73.	77380.
Del contrafoque	410.	58.	23780.
Del juanete mayor	1500.	133.	199500.
Del juanete de proa	1130.	123.	138990.
De la vela de estay mayor	700.	33.	23100.
De la vela de estay de mesana	400.	33.	19800.
De la cebadera	1250.	23.	28750.
De la vela de estay de gávia	700.	75.	52500.
De la vela de estay volante	700.	92.	64400.
De la vela de estay de sobremesana	400.	73.	29200.
De la vela de estay de juanete mayor	400.	122.	48800.
Suma de los productos por todas las velas			1722630.

388 Con estos datos supongamos que se quiera saber la elevacion del punto de reunion de los esfuerzos de todas las velas largas, sobre el centro de gravedad del buque. Los medios de que debemos hacer uso, en nada han de diferenciarse de los prescriptos para hallar la elevacion del centro de gravedad sobre la quilla. Baxo este supuesto, como en el centro de cada vela suponemos que se exerce una fuerza igual á la suma de todas las parciales que actuan en los varios puntos de su superficie, tenemos que quanto mas puntos tenga, ó quanto mayor sea la superficie de la vela, tanto mayor será el esfuerzo que consideramos reunido en su centro. Si este esfuerzo lo representamos por un peso tendremos, que la area ó superficie de cada vela será el peso respectivo que reside en su centro. Luego si la elevacion de cada punto centro de las velas la multiplicamos por su area correspondiente, representará cada producto el momento particular de cada vela considerada como á peso. Pero en el art. 370. vimos que la suma de los momentos de los pesos dividida por los pesos todos, nos daba en el cociente la altura del centro de gravedad sobre la quilla, luego del propio modo la suma 1722630, que son los momentos de todas las velas, dividida por 24300 que equivale á la superficie de todas ellas, nos dará la elevacion del centro de reunion de sus esfuerzos respecto al exe horizontal que atraviesa el centro de gravedad del barco. La tal elevacion es pues en el buque de que se habla 71 pies próximamente. En qualquiera otra circunstancia la altura de este centro de las velas de que se trata, será el cociente que resulte de la division de la suma de los productos parciales que expresa la tabla antecedente, por la suma de las superficies de las velas con que se navegue. Por exemplo, quedando con solas las dos mayores, gávias con un rizo tomado, sobremesana, y contrafoque, la suma de los productos es = 893934, y el de las areas = 14007; y así el centro de estas velas estará elevado 63 pies y 0, 8. Los productos de solas las dos mayores son 254850, y sus areas 6130; luego la elevacion del centro de sus fuerzas será 41 $\frac{1}{2}$ pies; y así de las demas.

389 Del mismo modo que hemos calculado el momento y centro de las velas por lo que toca á la accion vertical, necesitamos calcular los mismos por lo que toca á la accion horizontal, que es de donde depende el gobierno del navio. Para esto debemos determinar la situacion de los palos, ó lo que el centro de fuerzas de cada una de las velas dista del exe vertical que pasa por el centro de gravedad

del navio; pues el producto de su fuerza por esta distancia será su momento; y la suma de todos partida por la de las fuerzas, dará la distancia horizontal desde el centro comun de todas las velas, al exe vertical que pasa por el centro de gravedad del navio.

Tienen los constructores por lo ordinario, segun dice D. Jorge Juan, sus reglas para situar los palos las quales usan indiferentemente. Unos situan el palo mayor á $\frac{1}{6}$ de la eslora mas á popa que la mitad del navio; otros á solo $\frac{1}{22}$ de la misma. Aquellos ponen el trinquete á $\frac{1}{8}$ tambien de la eslora distante de proa, y estos á $\frac{1}{10}$. El mesana segun los primeros va á $\frac{3}{16}$ de la eslora distante del codaste, y segun los segundos á $\frac{4}{23}$. El navio de 60 cañones que, como diximos, sirvió de exemplo á D. Jorge Juan, tenia los palos colocados segun los segundos: esto es, el palo mayor á $6\frac{10}{11}$ pies á popa del medio del navio, el trinquete á $60\frac{4}{5}$ á proa del mismo medio, y el de mesana á $49\frac{13}{23}$ á popa; pero el medio de dicho navio estaba $\frac{1}{3}$ de pie á popa del centro de gravedad; luego el palo mayor distaba del centro de gravedad $7\frac{8}{33}$ pies, el trinquete $60\frac{7}{15}$, y el mesana $49\frac{62}{69}$. Con esto el centro de fuerzas horizontales de las velas mayor, gávia, y juanete mayor, por lo que estas dos se aproxîman algo mas á proa que la primera, se puede suponer á 7 pies del centro de gravedad; el del trinquete, velacho, y juanete de proa á 61; y el de la sobremesana, por lo que este palo cae sobre popa, á 50. La mesana tiene su centro á 65; el foque amurado al extremo del botalon á 100; y el contrafoque á 90. Si cada una de estas distancias se multiplica ahora por la fuerza de las velas á que corresponde, se tendrá su momento horizontal; cuya suma partida por la de las fuerzas, dará la distancia horizontal desde el centro comun de todas á la vertical que pasa por el centro de gravedad del navio: ó lo que es lo mismo, la suma de productos de cada una de las distancias por las areas de las velas correspondientes, partida por la suma de las areas, dará la misma distancia horizontal.

Los productos del palo mayor y mesana juntos hacen 231120; y

los del trinquete, foque y contrafoque 545500; restando aquellos que obligan á orzar de estos que obligan á arribar, quedan para estos 314380, que divididos por la suma de las areas 19750, * resultan al cociente 16 pies próxîmamente, por la distancia horizontal desde el centro comun de las fuerzas referidas, hasta la vertical que pasa por el centro de gravedad del navio. Como la mayor elevacion de la popa equivale á otra superficie que actua como las velas para orzar, no debemos omitir su efecto. Su area asciende á 540 pies, y su centro de fuerzas dista de la vertical que pasa por el centro de gravedad del navio 50 pies; con que su momento es 27000: este momento es claro que se debe añadir á los que hemos deducido para el palo mayor y mesana juntos, y compondrán la suma 258120. Ademas la inclinacion que el foque y contrafoque tienen respecto del horizonte, disminuye mucho sus fuerzas, las quales supusimos iguales á sus areas, quando en realidad son casi solo la mitad de dichas areas á causa de la inclinacion de que hablamos. ** La menor fuerza de estas velas disminuye los momentos con que obran respecto á la arribada del navio. Así restando de 545500, que son los momentos con que las velas de proa procuran la arribada, la correspondiente diminucion á causa de lo menor de los momentos del foque y contrafoque, quedarán para dicho movimiento 483275. Haciendo lo propio por lo que toca á las areas quedan estas $= 19657\frac{1}{2}$; y dividiendo por este número la diferencia de los momentos $483275 - 258120 = 225155$, resultan al cociente próxîmamente 12 pies, que es la verdadera distancia horizontal desde el centro comun de todas las fuerzas que hemos considerado, hasta la vertical que pasa por el centro de gravedad del navio.

390 Del mismo modo se puede hallar el centro comun de las fuerzas de qualesquiera otras velas; pero teniendo ya los momentos 225155, y las areas $19657\frac{1}{2}$ de las primeras, se hace mas fácil la operacion quando se hubiese de quitar alguna de las velas. Supongamos que se substraygan los juanetes. El momento del mayor es para orzar de 10500, y el que corresponde al de proa para arribar de 68930; añadiendo aquel y restando este último de 225155, quedan

* Esta suma de areas es solo de aquellas velas cuyos momentos horizontales hemos concluido: á saber, de las redondas de los tres palos, de la mesana, foque y contrafoque; excluyendo la cebadera, todas las velas de estay, y el juanete de sobremesana.

** Véase en el artículo 285. del segundo tomo del Exâmen Marítimo de D. Jorge Juan, la exâcta diminucion de los momentos y areas de dichas velas.

166725; que partidos por la suma de las areas $19657\frac{1}{2}$—1500—1130, que corresponden á cada uno de los juanetes, y se reducen á $17027\frac{1}{2}$, resultan al cociente 10 próxîmamente, por la distancia horizontal desde el centro de las fuerzas hasta la vertical que pasa por el centro de gravedad del navio.

CAPÍTULO IX.

De la cantidad que el centro de los esfuerzos de las velas braceadas obliquamente al viento, pasa mas á popa de lo que hemos concluido por el capítulo anterior.

391 Represente H J (Lam. XIV. fig. 114.) la quilla del navio; H la popa; J la proa. Sea A K una verga qualquiera braceada obliquamente á la direccion del viento P K ó A N; indique S la cruz de la verga A K; y en la quilla H J, aquel punto donde la vertical que baxa de la cruz de la verga corta la quilla; el qual será el mismo que aquel donde estriba el palo. Sea A X K una vela, cuya curvidad en la parte X K de sotavento, exceda la de la parte A X de barlovento. De los puntos A y K, extremos de la curvidad de la vela á barlovento y sotavento, tírense las tangentes A O y K O, hasta que se corten; las dichas manifestarán la direccion de los esfuerzos de la vela contra la verga en los puntos correspondientes A y K. Luego si sobre dichas tangentes formamos un paralelogramo, la línea O T, que divide por mitad el ángulo en O, será la diagonal del tal paralelogramo; y teniendo presentes los principios expuestos sobre la composicion y descomposicion de las fuerzas, tendremos que la línea O T manifiesta la direccion resultante de los esfuerzos A O y K O; dicha línea, como se echa de ver en la Lam. XIV. fig. 114., corta la vela en el punto L; el qual cae á sotavento del centro de la vela X, que es donde lo supusimos en el capítulo anterior considerando las velas planas. La línea O L T, direccion resultante de los esfuerzos de las velas en el caso de su diversa curvidad, corta la quilla en T; y el centro de los esfuerzos reunido en L, respecto á la quilla es lo propio que si obrase en T. Quando la vela es plana, la reunion de sus esfuerzos se considera en su medio X; y respecto á la quilla equivale á estar colocada en S. Por consiguiente el centro de los esfuerzos de la vela curva, obra toda la cantidad S T mas á popa que quando se imagina plana.

392 Si el viento es muy floxo, la vela apénas se separa de la verga, y su superficie puede muy bien considerarse plana; así en la Lam. XIV. fig. 114. el centro de sus esfuerzos residirá en su medio X, correspondiendo al punto S de la quilla; y si suponemos que el centro de gravedad del barco se halla en la vertical que pasa por S, tendremos que la fuerza lateral de la tal vela, en nada contribuirá para que el barco orze ó arribe. Si el viento refresca, crecerá la distinta curvidad de la vela; y léjos de considerar su centro X como el punto de reunion de sus esfuerzos, lo deberemos imaginar en L; y respecto á la quilla en T. Luego la misma vela que considerada plana por razon del poco viento, no contribuía á la orzada y arribada, contribuirá á que el navio orze refrescando el viento; pues por su mayor esfuerzo, aumenta la curvidad de la vela en su parte de sotavento X K, y disminuye en la de barlovento A X; de lo qual resulta que el centro de los esfuerzos laterales de la vela obra en el punto T de la quilla, que está toda la cantidad S T á popa del centro de gravedad supuesto en S.

Esta asercion la comprueba diariamente la experiencia; observándose que un navio que con cierto número de velas largas logra seguir el rumbo prefixado sin emplear el timon, al paso que el viento refresca descubre su mayor propension para orzar ó *partir al puño.*

393 La mayor anchura de la vela, la mayor flexîbilidad de la tela de que se compone, y la mayor fuerza del viento, deben aumentar esta diferencia de curvidades en sus partes de barlovento y sotavento. Supongamos, pues, que por qualquiera de estas causas, sea la curvidad de la parte X K de sotavento mucho mayor de lo que indica la Lam. XIV. fig. 114., y la de barlovento mucho menor; de suerte que las tangentes que manifiestan la direccion de sus esfuerzos sean las A M y K M. La fuerza resultante M C F, pasa mucho mas á sotavento de la vela que la anterior O L T. El punto de la quilla donde corresponde ahora dicho esfuerzo es F; el qual está todo el espacio T F mas á popa que el anterior T. Por consiguiente esta cantidad S T, ó S F, debe variar segun las circunstancias. Siendo pues esta cantidad S T variable, convendrá hallar geometricamente una expresion de ella que se adapte á varios casos, con solo substituirle los valores correspondientes á cada uno de ellos. Para esto sea O Q perpendicular á la verga A K, y supongamos las siguientes denominaciones.

394 La verga A K $=$ . . . . h

Su ángulo con el viento K A N $=$ . . . . α

Su ángulo con la quilla V S T $=$ . . . . β

El ángulo Q O T, que forma la perpendicular á la verga con la direccion de la fuerza de la vela, $=$. . . . δ

El ángulo O K P, que forma su tangente O K al extremo de sotavento de la vela, con la direccion P K del viento, $=$ . . . . Π

El ángulo O A N, que forma la tangente A O en el otro extremo de barlovento, con la direccion del viento A N, $=$ . . . . π

En el triángulo T V S, por lo dicho, el ángulo V S T $=$ β

T V S $=$ . . . . $90^\circ - \delta$ *

S T V igual al suplemento á $180^\circ =$ . . . . $90^\circ + \delta - \beta$

Y en efecto uniendo los tres ángulos, tenemos los 180° que son el valor de todos los de un triángulo. . . . .
$90^\circ + \delta - \beta + 90^\circ - \delta + \beta$ suma de los tres, reducida nos dá $90^\circ + 90^\circ =$ . . . . 180°

Si prolongamos la tangente K O hasta A N en Z, veremos que al ángulo K Z A le falta para valer 180°, todo el ángulo K Z N igual á su alterno O K P $= \Pi$. Por consiguiente K Z A $= 180^\circ - \Pi$. K O A es mayor que K Z A, en el ángulo O A N $= \pi$. Luego K O A será $= 180^\circ - (\Pi - \pi)$. El ángulo K A O es $=$ K A N $-$ O A N; pero O A N $= \pi$: luego K A O $= \alpha - \pi$. En virtud de esto si en el triángulo K A O buscamos el lado K O, formaremos la siguiente analogía: sen. K O A : K A :: sen. K A O : K O. Esto es, sen. $180^\circ - (\Pi - \pi) : h ::$ sen. $(\alpha - \pi)$: K O $= \frac{h \text{ sen. } (\alpha - \pi)}{\text{sen. } (\Pi - \pi)}$.

En el triángulo K O V, tenemos el ángulo K V O $= 90^\circ - \delta$; porque es igual á su opuesto al vértice T V S (veanse las denominaciones). El seno del ángulo K O V $=$ sen. $90^\circ - \frac{1}{2}(\Pi - \pi)$; porque K O V es mitad de K O A, cuyo seno acabamos de ver que es $=$ sen. $180^\circ - (\Pi - \pi)$; por consiguiente el de su mitad será $= 90^\circ - \frac{1}{2}(\Pi - \pi)$ como se ha dicho. Luego si en el triángulo K O V buscamos el lado K V, haremos la siguiente analogía: sen. K V O : K O :: sen. K O V : K V, y substituyendo los valores correspondientes, sen. $(90^\circ - \delta) =$ cos. $\delta : \frac{h \text{ sen. } (\alpha - \Pi)}{\text{sen. } (\Pi - \pi)} ::$

* Y el O V A que es suplemento de T V S $= 90^\circ + \delta$.

$\text{sen. } 90^\circ - \frac{1}{2}(\Pi - \pi) = \text{cos. } \frac{1}{2}(\Pi - \pi) : \text{K V} = \frac{h \text{ sen. } (\alpha - \pi) \text{cos. } \frac{1}{2}(\Pi - \pi)}{\text{sen. } (\Pi - \pi) \text{cos. } \delta}$.

Teniendo á K V, es fácil tener V S = S K — K V. S K es igual á la mitad A K de la verga: esto es, $= \frac{1}{2} h$: luego V S = $= \frac{1}{2} h - \frac{h \text{ sen. } (\alpha - \pi) \text{ cos. } \frac{1}{2}(\Pi - \pi)}{\text{sen. } (\Pi - \pi) \text{ cos. } \delta}$. Una vez que tenemos conocido el lado V S, podremos resolver el triángulo V S T, en el qual conocemos ademas los tres ángulos, y hallaremos el valor de S T que se busca. Para esto formaremos en dicho triángulo la siguiente analogía: sen. S T V : V S :: sen. T V S : S T. Pero sen. S T V = = sen. $(90^\circ + \delta - \beta) = \text{cos. } (\beta - \delta)$. El seno de T V S = sen. $(90^\circ - \delta)$ = cos. δ. Luego substituyendo estos valores, y el que acabamos de encontrar para V S, en la proporcion anterior tendremos,

$$\text{cos. } (\beta - \delta) : \tfrac{1}{2} h - \frac{h \text{ sen. } (\alpha - \pi) \text{ cos. } \frac{1}{2}(\Pi - \pi)}{\text{sen. } (\Pi - \pi) \text{ cos. } \delta} :: \text{cos. } \delta : \text{S T} =$$

$$= \frac{\frac{1}{2} h \text{ cos. } \delta}{\text{cos. } (\beta - \delta)} - \frac{h \text{ sen. } (\alpha - \pi) \text{ cos. } \frac{1}{2}(\Pi - \pi)}{\text{sen. } (\Pi - \pi) \text{ cos. } (\beta - \delta)}$$, que podemos reducir á $\frac{\frac{1}{2} h}{\text{cos. } (\beta - \delta)} \left(\text{cos. } \delta - \frac{2 \text{ sen. } (\alpha - \pi) \text{ cos. } \frac{1}{2}(\Pi - \pi)}{\text{sen. } (\Pi - \pi)} \right)$. Sabemos por una proposicion de trigonometría que si tenido el seno de un arco mitad buscamos el seno del arco duplo, debemos hacer la siguiente proporcion: R : cos. $\frac{1}{2} a$ :: 2 sen. $\frac{1}{2} a$: sen. a. Luego cos. $\frac{1}{2} a =$ $= \frac{\text{sen. } \alpha}{2 \text{ sen. } \frac{1}{2} \alpha}$. Aplicando lo mismo al término cos. $\frac{1}{2}(\Pi - \pi)$, resulta este $= \frac{\text{sen. } (\Pi - \pi)}{2 \text{ sen. } \frac{1}{2}(\Pi - \pi)}$. Si substituimos esta última expresion en lugar de la primera, resultará el término $- \frac{h \text{ sen. } (\alpha - \pi) \text{ cos. } \frac{1}{2}(\Pi - \pi)}{\text{sen. } (\Pi - \pi)}$

$$= - \frac{h \text{ sen. } (\alpha - \pi) \text{sen. } (\Pi - \pi)}{\text{sen. } (\Pi - \pi) 2 \text{sen. } \frac{1}{2}(\Pi - \pi)} = - \frac{h \text{ sen. } (\alpha - \pi)}{2 \text{sen. } \frac{1}{2}(\Pi - \pi)} = - \frac{\frac{1}{2} h \text{sen. } (\alpha - \pi)}{\text{sen. } \frac{1}{2}(\Pi - \pi)}.$$

Luego $\text{S T} = \frac{\frac{1}{2} h}{\text{cos. } (\beta - \delta)} \left(\text{cos. } \delta - \frac{\text{sen. } (\alpha - \pi)}{\text{sen. } \frac{1}{2}(\Pi - \pi)} \right)$. Siendo S T lo que el centro de las velas pasa mas á popa á causa de su desigual curvidad, se sigue que esta cantidad dependerá, como lo expresa la fórmula, del ángulo Q O V = δ, del que forma la quilla con la verga = β, del que forma la verga con el viento = α, y de la diferencia entre los Π y π, que son los que forma la direccion del viento con las tangentes K O, y A O, tiradas en los extremos de sotavento y barlovento de la vela; y finalmente de la anchura de esta

expresada por h. Por tanto segun varíen todos los dichos ángulos á causa de las disposiciones de las velas, y diversa fuerza de los vientos, como tambien segun la mayor ó menor anchura h de las velas, variará S T; ó lo que es lo mismo, variará la cantidad que expresa quanto el centro de los esfuerzos de las velas curvas pasa mas á popa de lo que resulta quando se consideran planas. Si unas tablas nos diesen los diversos valores de todas las cantidades que contiene la fórmula, tendriamos en su substitucion las diversas correcciones que se deben aplicar al centro de los esfuerzos de las velas hallado por el capítulo anterior.

395 Para dar un exemplo, supongamos pues que navegando de bolina con un viento propio para llevar largas todas las velas correspondientes á dicha posicion, se tenga el valor de $\Pi = 60°$; $\pi = 6° \; 40' \; 30''$; $\delta = 8° \; 20' \; 15''$. Quando se navega de bolina el ángulo γ, ó que el viento forma con la quilla, puede reputarse generalmente de cerca de seis quartas, ó de $65°$; el ángulo β, que suelen formar las vergas con la quilla, de $40°$; y restando de $65°$, los $40°$, queda en $25°$ el valor del ángulo α, ó que las vergas forman con el viento. Por consiguiente $\alpha = 25°$; $\beta = 40°$; $\delta = 8° \; 20' \; 15''$; $\Pi = 60°$; $\pi = 6° \; 4' \; 30''$. Substituyendo estos valores en la fórmula $\frac{\frac{1}{2} h}{\text{cos.}\,(\beta - \delta)} \left(\text{cos.}\,\delta - \frac{\text{sen.}\,(\alpha - \pi)}{\text{sen.}\,\frac{1}{2}\,(\Pi - \pi)} \right)$, resulta S T $=$

$$= \frac{\frac{1}{2} h}{\text{cos.}\; 31° \; 39' \, \frac{3}{4}} \left(\text{cos.}\,(8° \; 20' \; 15'') - \frac{\text{sen.}\,(18° \; 19' \; 30'')}{\text{sen.}\,(26° \; 39' \, \frac{3}{4})} \right) = \frac{173\, h}{1000};$$

y asi la anchura de las velas largas multiplicada por $\frac{173}{1000}$, será lo que el centro de las velas pasará mas á popa de lo que hallamos para igual caso en el capítulo anterior.

396 Á fin de conocer la generalidad de la fórmula, pasemos á adaptarla á otros varios casos de la práctica; y supongamos que un navio navegue viento en popa. Todo el mundo sabe que en tal circunstancia las vergas se bracean perpendiculares á la quilla, y que la direccion del viento paralela á esta última, es perpendicular al plano de la vela y á su verga. Esto supuesto, las varias columnas de viento que chocan perpendicularmente todos los puntos de la superficie de la vela, obran en un propio instante contra el plano de dicha, y podemos considerar su efecto como el de muchas fuerzas paralelas que se distribuyen á la vez perpendicularmente sobre el area de un paralelogramo, cuya fuerza resultante está en el centro de la

figura: y por la misma razon la resultante de todas las columnas de viento estará en el centro de la vela, quando se navegue viento en popa. Con este presupuesto pasemos á verificarlo por la teórica expuesta.

Represente H J en la Lam. XIV fig. 115. la quilla, H la popa, J la proa, A P la verga dispuesta perpendicularmente á la quilla, y á las direcciones del viento K P y A N. Como todas las columnas de viento F S, F S &c. paralelas, llegan á chocar en un mismo instante la superficie de la vela A O P, resulta que la suma de los momentos que producen las columnas de viento en la una mitad O P, es totalmente igual, y obra en el propio instante que la suma de los momentos de la otra O A. Por consiguiente el esfuerzo resultante de todos los momentos pasará por O, centro de la vela; y como la tela de esta es flexîble, la dicha tomará la figura A R P, á causa del esfuerzo total reunido en R. La cantidad O R, que indica quanto se aparta el centro de la vela curva de su primera situacion en O, será mayor ó menor, segun la anchura de la vela, su flexîbilidad, y la fuerza del viento; de suerte que si crecen á la vez todas estas cantidades, la anterior separacion O R puede llegar á ser la O Q. Pero en uno y otro caso las líneas A B, P B, ó las A L, P L, indican la direccion de las tangentes tiradas á sus extremos A y P; y como dichas tangentes son iguales y concurren en la línea que pasa por los puntos R ó Q de la vela, se sigue que la línea B O, ó su prolongacion L O, que divide por mitad el ángulo de dichas tangentes, dividirá la vela por su medianía: esto es, pasará por su centro; pero dicha línea manifiesta la direccion de los esfuerzos de la vela, luego esta direccion pasa por su centro y coincide con la quilla H J.

Para verificar la fórmula es menester que substituyamos en ella los valores que en el caso de navegar viento en popa tienen las cantidades de que se compone: S T es pues $= \frac{\frac{1}{2} h}{\cos.(\beta - \delta)} \left(\cos. \delta - \frac{\text{sen.} (\alpha - \pi)}{\text{sen.} \frac{1}{2} (\Pi - \pi)} \right)$.

En el caso del viento en popa resulta el ángulo A O J, que la verga forma con la quilla $= \beta = 90°$; el que la misma verga forma con las direcciones A N ó K P del viento, $= \alpha = 90°$, y el ángulo B P K, que una de las tangentes forma con la direccion del viento, $= \Pi$, suplemento del B A N $= \pi$, que la otra tangente forma con la misma A N. Luego $\Pi = 180 - \pi$; $\delta = 0$. Por consiguiente si substituimos todas estas cantidades en la anterior fórmula, nos re-

sultará $\frac{\frac{1}{2} h}{\cos. (90^{\circ} - o)} \left(\cos. o - \frac{\text{sen.} (90^{\circ} - \pi)}{\text{sen.} \frac{1}{2} (180^{\circ} - 2 \pi)} \right) = \frac{\frac{1}{2} h}{\cos. (90 - o)} \cdot \cdot$ $\left(\cos. o - \frac{\text{sen.} (90^{\circ} - \pi)}{\text{sen.} (90^{\circ} - \pi)} \right) = \frac{\frac{1}{2} h}{o} (1 - 1)$ cuya cantidad es indeterminada; y nos dá á entender que S T, en el caso del viento en popa, se debe tomar indeterminadamente á lo largo de la quilla H J; y como la misma H J es la direccion de los esfuerzos que el viento exerce contra la vela, dicha direccion coincide con la quilla, y en nada contribuye para el movimiento de orzada ó arribada como en adelante se verá.

397 Expuesta ya la anterior teórica sobre las velas, y vista la general aplicacion de la fórmula á varios casos de la práctica, pasaremos á satisfacer alguna duda que puede ocurrir con aparente fundamento sobre lo dicho. Mr. Bourdé, en la pag. 177 de la tercera parte de su obrita intitulada *le Manoeuvrier*, asegura que el centro de los esfuerzos que exerce el viento contra las velas dispuestas obliquamente á la direccion de éste, cae á la parte de barlovento del centro de dichas velas: cuya asercion, como se vé, es enteramente contraria á todo lo que hemos reflexîonado hasta aqui. La razon fundamental de experiencia en que dicho autor se funda consiste: en que si de repente se dexa libre de los cabos que la sujetan qualquiera vela braceada obliquamente al viento, la dicha gira de barlovento para sotavento, procurando colocarse en un plano perpendicular á la direccion del fluido que la impele. Esta verdad nos la manifiesta continuamente la facilidad que se tiene en bracear las velas por sotavento, y lo mucho que se ajustan contra las xarcias de dicha parte. No obstante esto veremos en la Lam. XIV. fig. 116., que esto mismo puede tener lugar pasando la direccion de los esfuerzos de las velas curvas á la parte de sotavento de su centro, como hemos asegurado.

Represente F P (Lam. XIV. fig. 116.) una verga; *b o* la direccion de los esfuerzos del viento contra la vela curva; y *m l s* una seccion circular del palo cuyo centro es *b*: tirando desde *o* la línea *o c* perpendicular á la verga, el ángulo *b o c* será $= \delta$; tírese despues la recta *b c* paralela á la verga y que cierre el triángulo; el lado *b o* nos representará la direccion y fuerza absoluta que el viento exerce contra la vela: cuyo esfuerzo absoluto sea $= f$. En virtud de estas denominaciones, segun lo dicho (art. 47.) de la composicion y descomposicion de las fuerzas, la perpendicular á la verga representa-

da por $o\ c$ será $= f$ cos. δ; y la paralela á la misma indicada por $b\ c = f$ sen. δ. Sentado esto, no hay duda en que la vela y verga deben efectuar su rotacion sobre el punto b, que es el centro del palo á quien se sujetan. La causa de la rotacion de la vela y verga de P para A, en virtud de la fuerza perpendicular $c\ o = f$ cos. δ, resulta evidente. En quanto á la rotacion de F para L, ocasionada por la fuerza paralela $b\ c = f$ sin δ, debemos considerar que el efecto de esta fuerza procura hacer adelantar la verga y vela segun la F P H; pero á causa de estar la verga sujeta al palo $m\ l\ s$, por la flexîble ligadura de sus trozas ó racamentos, no puede ménos de girar sobre b, al paso que procura adelantar para H; al modo de un caballo que, sujeto en b por una cuerda $b\ l$, no puede adelantar segun la tangencial l P, sino describir un círculo al rededor de b. Por consiguiente f cos. $\delta \times b\ c$, será el momento con que la vela procurará rotar de sotavento para barlovento, en virtud de la fuerza absoluta f que el viento exerce sobre ella. Por otro lado f sen. $\delta \times c\ o$, será el momento con que la fuerza paralela á la verga contrarrestará el movimiento anterior, procurando atracar la verga contra la xarcia de sotavento, y situarla en un plano perpendicular á la direccion del fluido que la impele, como dice Bourdé.

Es verdad que la cantidad f cos. δ debe ser mucho mayor que f sen. δ, á causa de la pequeñez del ángulo δ: pero tambien el factor $c\ o$, que multiplica f sen. δ é indica la distancia de la vela al centro del palo, puede ser mucho mayor que $b\ c$ que multipliea la otra f cos. δ, y quedar compensado de este modo el exceso de f cos. δ, sobre f sen. δ.

Ademas toda la fuerza paralela á la verga representada por $b\ c$, que dá á lo largo de la verga, contribuye para atracarla contra la xarcia de sotavento, con un momento correspondiente á la distancia $b\ l$ de la verga al centro del palo; lo mismo se verifica con toda la fuerza paralela de la verga que obra contra el canto de la vela, contra la bolina, sus poas, y todos los demas cabos que la tienen mareada.

En conseqüencia de lo qual no debe ser extraño, que todos estos particulares momentos reunidos al momento f sen. $\delta \times c\ o$, venzan el momento f cos. $\delta \times b\ c$, y que en virtud de esto quede la verga ciñendo la obencadura de sotavento; sin que dicho efecto nos pruebe el que la direccion de los efectos que el viento exerce contra las velas, pasa á barlovento del centro de las dichas como pretende Mr. Bourdé.

CAPÍTULO X.

De los momentos con que un cierto número de velas largas contribuyen á la orzada ó arribada de un navio; y de las demas particularidades relativas á su gobierno.

398 Por los dos capítulos anteriores sabremos hallar la distancia horizontal que hay desde el centro de gravedad del navio, hasta el punto donde se cuentan reunidos los esfuerzos de todas las velas supuestas planas; asímismo sabremos la correccion que debemos aplicar á esta distancia horizontal quando la curvidad de las velas sea considerable. Para saber el momento con que un número de velas largas contribuye á la orzada ó arribada de un navio, necesitamos conocer el esfuerzo lateral de dichas velas; con este objeto manifestaremos como se subdivide la fuerza absoluta del viento quando hiere obliquamente una vela plana, y despues haremos igual subdivision en las velas curvas.

Sea E F un navio (Lam. XV. fig. 117.); E su proa; F su popa; A B sea una verga dispuesta obliquamente á la direccion del viento D S; usando de la descomposicion de fuerzas tenemos que de todo el esfuerzo absoluto D S, la sola porcion D *a* obra contra la vela supuesta plana; y la otra *a* S se pierde siendo tangente á su superficie. Represente pues la S T, perpendicular á la verga, la porcion D *a* del esfuerzo del viento que actua contra la vela. Descompongamos este esfuerzo S T, en los dos S V, V T; el primero en el sentido de la quilla, y el otro perpendicular á la misma; tendremos que en virtud del primer esfuerzo S V, el navio deberá abanzar en el sentido F E de su proa; y en virtud del otro V T, lateralmente ó en direccion perpendicular á su quilla F E. La fuerza representada por S V, por quanto contribuye al movimiento directo, se llama directa; y la V T lateral, por quanto procura mover el buque lateralmente. Vista esta subdivision de fuerzas en la vela plana, pasemos ahora á considerarla en la vela curva.

399 Represente para esto A B (Lam. XV. fig. 118.) una verga braceada obliquamente á la direccion del viento y á la quilla representada por la recta F E. Á causa de la diferente curvidad de la vela A T B, sabemos por lo dicho (art. 391.) que la direccion de los esfuerzos que el viento exerce contra la vela, pasa á la parte de sotavento del centro de la dicha: indique pues S T la direccion y fuer-

za que el viento exerce contra la vela A T B; descomponiendo, como en la Lam. XV. fig. 117., el esfuerzo S T en perpendicular y paralelo á la quilla, S V nos manifestará la fuerza directa, y V T la lateral; para tener la expresion de esta última, bastanos saber la expresion de la fuerza que el viento exerce contra la vela segun la direccion S T; porque en tal caso, siendo en el triángulo V T S proporcionales los senos de los ángulos con sus lados opuestos, teniendo las expresiones de dichos ángulos, concluiremos por medio de una sencilla proporcion la fórmula de la fuerza que el viento comunica al navio F E, en qualquiera de los sentidos S V ó V T. Supuesto esto, el ángulo F C B que la quilla forma con la verga es $=\beta$; el ángulo T m C que la direccion de la fuerza de la vela forma con la verga $= 90^\circ + \delta$ (art. 394.): su suplemento T m B $= 90^\circ - \delta$; y y C m S su igual, por opuesto al vértice, será igual $90^\circ - \delta$; m S C que es el tercer ángulo del triángulo C S m, será el suplemento de los dos conocidos á 180°; por consiguiente m S C, ó T S V $= 90^\circ - \beta + \delta$; el ángulo T V S $= 90^\circ$, y el tercero V T S será $= -\delta + \beta$. La fuerza segun la direccion S T, la halla D. Jorge Juan $= \frac{\frac{1}{20} m a u h \text{ sen. } \alpha \text{ sen. } \frac{1}{2}(\Pi - \pi)}{A r \frac{1}{2}(\Pi - \pi)}$. * Luego $\frac{\frac{1}{20} m a u h \text{ sen. } \alpha \text{ sen. } \frac{1}{2}(\Pi - \pi)}{A r \frac{1}{2}(\Pi - \pi)}$: S V :: R : sen. $(\beta - \delta)$. Luego tendremos que S V fuerza segun la quilla

$$= \frac{\frac{1}{20} m a u h \text{ sen. } \alpha \text{ sen. } \frac{1}{2}(\Pi - \pi) \times \text{sen. } (\beta - \delta)}{A r \frac{1}{2}(\Pi - \pi)}.$$

400 La fuerza lateral está representada por V T, y tendremos $\frac{\frac{1}{20} m a u h \text{ sen. } \alpha \text{ sen. } \frac{1}{2}(\Pi - \pi) \times \text{sen. } (\beta - \delta)}{A r \frac{1}{2}(\Pi - \pi)}$: T V : : sen. V T S $=$ sen. $(\beta - \delta)$: sen. T S V $=$ cos. V T S $=$ cos. $(\beta - \delta)$.

$$\text{Luego T V} = \frac{\frac{1}{20} m a u h \text{ sen. } \alpha \text{ sen. } \frac{1}{2}(\Pi - \pi) \text{ sen. } (\beta - \delta) \text{ cos. } (\beta - \delta)}{A r \frac{1}{2}(\Pi - \pi) \text{ sen. } (\beta - \delta)}.$$

En suma tenemos que la fuerza lateral de las velas, ó que contribuye á hacer orzar ó arribar un buque, es $= \frac{\frac{1}{20} m a u h \text{ sen. } \alpha \text{ sen. } \frac{1}{2}(\Pi - \pi) \text{ cos. } (\beta - \delta)}{A r \frac{1}{2}(\Pi - \pi)}$.

En esta fórmula m indica la densidad del agua a la caida ó largaría del número de velas largas, h la anchura media de las dichas: luego

* Quando la vela es plana, en cuyo caso $\Pi = \pi$, la expresion de la fuerza de la vela se reduce á $\frac{1}{20} m a u h$ sen. α: de donde se infiere, que la fuerza que hace la vela plana es á la que hace siendo curva, como $A r \frac{1}{2} (\Pi - \pi)$ á sen. $\frac{1}{2} (\Pi - \pi)$: quiere decir, que la fuerza de una vela plana excede á la de una vela curva, en la misma razon que el arco del consabido ángulo á su seno.

la cantidad $a\,h$, será igual á la superficie de las velas desplegadas. Los otros ángulos son los que ya sabemos por el capítulo anterior. Por consiguiente si una tabla nos da estos diversos ángulos segun las varias circunstancias, substituyéndolos en la fórmula tendremos el valor de toda ella, ó lo que es lo mismo la fuerza lateral que exercen las velas.

401 Sea E (Lam. XV. fig. 119.) la proa de un navio; F su popa; C el centro de gravedad; M F indique la direccion del viento. En el art. 389. hallamos el centro de todas las velas supuestas planas 12 pies hácia proa del centro de gravedad; así en el supuesto que C B valga 12 pies, dicho centro de todas las velas, en el caso de considerarse planas, residirá en B. Pero en el art. 391. hemos visto que á causa de la desigual curvidad que toman las velas, el centro de sus esfuerzos pasa mas á popa de lo concluido en el art. 389. La cantidad que este centro de esfuerzos pasa mas á popa en el caso de llevar largas casi todas las velas, la hallamos (art. 395.) igual á $\frac{173\,h}{1000}$; manifestando h la anchura de las velas, en aquella línea de su altura donde se considera el centro de reunion de sus esfuerzos; la ancharia pues ó amplitud que tienen las determinadas velas del navio de nuestro exemplo en dicha altura, es $= 80$ pies: esto es, $h = 80$ pies; así nos resultará la consabida correccion $= \frac{173 \times 80}{1000} = 13$ pies $\frac{84}{100}$. Si restamos de C B $= 12$ pies, la cantidad 13 pies $\frac{84}{100}$, nos resultará $-$ 1 pie $\frac{84}{100}$: esto quiere decir, que ahora el centro de dichas velas está 1 pie $\frac{84}{100}$ á popa del centro de gravedad; por consiguiente 1 pie $\frac{84}{100} \times \frac{\frac{1}{20}\, m\,a\,u\,h \text{ sen. } \alpha \text{ sen. } \frac{1}{2}(\Pi - \pi) \cos. (\beta - \delta)}{A\, r\, \frac{1}{2}(\Pi - \pi)}$, será el momento con que las velas todas procurarán la orzada del navio.

402 Si el viento es muy floxo, la diversa curvidad de las velas será despreciable, y podremos considerarlas planas; entónces el centro comun de sus esfuerzos hallado por él (art. 389.) será el verdadero, y excusaremos el aplicarle correccion alguna. El centro correspondiente en dicho caso llevando largas casi todas las velas, hemos visto que caía en B, distante 12 pies hácia proa del centro de gravedad C; luego si multiplicamos el esfuerzo lateral del deter-

minado número de velas planas por 12 pies, tendremos el momento con que las dichas procuran la arribada del navio en el supuesto de considerarse planas. La fuerza lateral de las velas planas es $= \frac{1}{20} m\, a\, u\, h$ sen. α cos. β. Así $\frac{1}{20} m\, a\, u\, h$ sen. α cos. $\beta \times 12$ pies manifestará dicho momento.

403 En el art. 401. hemos visto que el mismo número de velas largas contribuía á orzar, porque el centro de sus esfuerzos resultaba un pie y $\frac{84}{100}$ á popa del centro C de gravedad del navio, aplicándole la correccion correspondiente á la diversa curvidad de las velas por razon de haber refrescado el viento.

Por consiguiente la teórica de las velas que hemos extractado del Exâmen Marítimo de D. Jorge Juan, da al maniobrista razon de las diversas propensiones que el navio tiene, ya para orzar, ya para arribar, llevando un mismo aparejo, por solo lo mas ó ménos fuerte del viento.

404 La supresion de las velas de la parte de popa del centro de gravedad, y el mareo de las de proa, traslada el centro de sus esfuerzos á la parte de proa de dicho punto, y favorece la propension del navio para la arribada (art. 390). Por el contrario la adicion de velas de la parte de popa, y la supresion de las de proa, transfiere el centro comun de sus esfuerzos á popa del centro de gravedad, y facilita la orzada.

405 Al principio de este capítulo manifestamos, que las velas dispuestas obliquamente al viento (Lam. XV. fig. 117.) daban al navio una velocidad segun la S V en el sentido de la quilla, y otra segun la V T, impeliendo el costado del navio hácia sotavento en direccion perpendicular á la misma quilla. Es un axîoma de mecánica, el que la accion es igual á la reaccion (art. 33.); así tendremos que la resistencia que las aguas opondrán al navio por su proa, será igual á la fuerza con que las velas lo impelan en dicho sentido. Por lo mismo la resistencia del costado será tambien igual á la fuerza lateral de las velas.

406 Represente D G, en la Lam. XV. fig. 119., la resistencia de las aguas en la proa; D J la que obra contra el costado. La línea J G, que es la diagonal del paralelogramo D H formado con dichas resistencias, hará un efecto equivalente á la suma de ambas, y manifestará la direccion J G, segun la qual obran contra el costado de

sotavento del navio. Luego en G se exercerá, de J para G, una fuerza igual á la representada por la línea S T en la Lam. XV. fig. 118.: esto es, una fuerza igual al esfuerzo perpendicular D *a* (Lam. XV. fig. 117.) que el viento exerce contra las velas. La resistencia lateral que impelerá la popa del navio F (Lam. XV. fig. 119.) segun F M, será H G, que yo supongo $= f$; luego el buque procurará arribar á causa de las resistencias con un momento $= f \times$ C G. Si las velas son planas á causa del poco viento, el centro de todos los esfuerzos se ha supuesto en B; así $f \times$ C B será el momento con que las velas planas impelerán la proa E del barco, segun la E N, obligándolo tambien á arribar.

407 El navio pues que nos sirve de exemplo, en el caso de llevar casi todas sus velas largas, y navegar de bolina con un viento tan corto que haga despreciable la curvidad de las velas, se verá obligado continuamente á arribar, y sin el auxîlio del timon no podria mantener el prefixado rumbo de bolina; para conseguirlo necesitaria arriar algunas velas de proa, hasta trasladar el centro de los esfuerzos de las velas restantes al mismo punto G, donde obra en direccion diametralmente opuesta una fuerza H G, que nos representa la resistencia lateral. Refrescando el viento, la curvidad de las velas crece considerablemente; y lo que el centro de sus esfuerzos pasa mas á popa, por esta causa, puede ser tanto, que lo traslade al punto G.

408 Otro accidente contribuye tambien á transferir hácia popa el centro de los esfuerzos de las velas. Quando el viento es fuerte, el navio, como luego exâminaremos, se inclina hácia sotavento. Sea C D (Lam. XV. fig. 120.) una línea vertical; el ángulo D C K será el de la inclinacion del navio. El centro pues de los esfuerzos de las velas que en la Lam. XV. fig. 119. lo supusimos en D, esto es, en la vertical que se eleva desde la quilla, ya no estará por razon de la inclinacion en D, sino en otro punto como K. La inclinacion del barco puede ser tal, que la línea D K sea igual á la D J; y entónces la misma diagonal G J, convendrá á las resistencias del costado y á los esfuerzos de las velas; y como estos últimos son la accion, y las resistencias la reaccion, ambas fuerzas iguales quedarán equilibradas obrando opuestamente. El navio pues que con viento floxo no podia seguir el rumbo de bolina sin arriar algunas velas de proa, podrá executarlo despues con todas las velas largas, si el viento refresca lo suficiente.

409 Todo esto se verifica exâctamente en la práctica, y solo por via de exemplo copiaremos el siguiente párrafo del informe del navio San Ildefonso, dado por el Teniente General de la Real Armada D. Joseph de Mazarredo en el verano de 1785.

„El San Ildefonso tiene un gobierno finísimo consegüente á sus „buenas líneas para tan ventajoso andar: una, dos cabillas de timon „le hacen obedecer, y se está las ampolletas enteras sin dar una gui-„ñada con el timon á la via navegando á vientos largos. De bolina „se equilibra con el aparejo, y siendo el viento fresco, segun el gra-„do de este necesita una, dos, tres cabillas á barlovento, como es „natural en toda buena embarcacion en semejante situacion, sin que „obste á que metiendo una cabilla mas vaya al instante de arribada, „y se pare quando se quiera. Con vientos calmosos y marejada de „bolina, necesita bastante ó mucho timon para aguantarse sin arri-„bar, ¿pero qual navio no en semejantes circunstancias? Es el caso „en que las fragatas le salen sensiblemente, pero mucho ménos, ó „poco, si se pasa entónces la gente á proa, porque ya así no nece-„sita tanto timon para mantenerse orzado."

410 Si prolongamos en la Lam. XV. fig. 120. la línea vertical C D hasta d, y suponemos que el centro de los esfuerzos de las velas reside en d, tendremos que con la misma inclinacion del navio D C K, la recta d J será mayor; y por consiguiente trasladada á la Lam. XV. fig. 119., pondrá el punto K mas cerca de J que lo estaba anteriormente. Si las velas, cuyas superficies particulares nos dan la superficie total de aquellas con que se navega, estuviesen muy altas, el centro K de sus esfuerzos estaria mucho mas alto que el de una igual superficie de velas ménos elevadas. De donde se debe inferir que si las gávias con todos sus rizos largos, los juanetes y periquitos, compusiesen una cantidad de pies quadrados igual á la que pueden componer las mayores y otras inferiores, el mismo navio partiria mucho mas al puño con el aparejo alto que con el baxo. Esta verdad es notoria al comun de los marineros por los resultados que se observan en la práctica, y que nosotros acabamos de demostrar fundamentalmente.

Lo dicho tiene continuadas aplicaciones; en efecto, para una evolucion, un empeño con otro navio, y varias otras circunstancias en que ocurra virar por avante dificultándolo la mar, ó el corto andar del buque, se recurrirá al seguro medio de largar todas las velas posibles, y con particularidad las mas altas.

411 En conseqüencia de lo que acabamos de insinuar acerca de las inclinaciones del buque debemos advertir, que siempre que el centro de la fuerza directa de las velas concurra con el de la resistencia de la proa: esto es, siempre que los palos estén rectos, y las velas sean planas, el aumentar ó disminuir las resistencias de la proa independentemente de las del costado, no debe alterar el gobierno. Pero si la resistencia de la proa obra segun la P C (Lam. XV. fig. 121.), y la directa de las velas, que debe ser igual, de V para M, el momento con que tira á rotar el navio es P C × C V; por consiguiente aumentando la resistencia P C, aumenta el momento con que tira á rotar el navio, en virtud de no concurrir la resistencia directa de proa y la fuerza de las velas, á causa de la inclinacion que toman los palos, trasladando el esfuerzo de las velas al punto V, en la Lam. XV. fig. 121., ó al punto K en la Lam. XV. fig. 119. Quando el viento es perfectamente de popa, en cuyo caso se disponen las vergas en cruz, ó perpendiculares á la longitud C P de la quilla (Lam. XV. fig. 121.), tenemos que el centro de los esfuerzos de cada vela en particular, y el de todas las que se llevan mareadas, no cae ni á babor, ni á estribor de la quilla; sino ántes bien se mantiene en la misma línea vertical C D *d* (Lam. XV. fig. 120.) que puede indicarnos la situacion recta de los palos. Por consiguiente aunque la adicion ó supresion de velas navegando viento en popa, aumente ó disminuya la velocidad directa del navio, y conseqüentemente la resistencia C P de su proa (Lam. XV. fig. 121.), sin embargo no variará por eso su propension para la orzada ó arribada.

412 Muy al contrario sucede navegando de bolina, ó en toda otra situacion diversa de la de un viento en popa. En semejantes circunstancias, ya por la curvidad de las velas, ya por la inclinacion del buque, el centro de los esfuerzos de las dichas está muy léjos de corresponder á un punto como C de la quilla, y se transfiere siempre á un punto V, mas ó ménos distante de la línea C P, á la parte de sotavento. Entónces, como acabamos de ver, C P × C V nos indica el momento con que la resistencia de la proa procura la orzada de la embarcacion; y como la cantidad C P aumenta segun es mayor la velocidad directa de un buque, se sigue que, en tales casos, todo lo que aumente dicha velocidad aumentará la propension del navio á venir *de lo.* Esta es otra de las razones por la qual, en igualdad de las demas circunstancias, debe aumentar la facilidad de un navio

para orzar, siempre que el viento refresque y aumente lo veloz de su movimiento.

Segun lo dicho (art. 411.) navegando de bolina, ó en toda otra posicion en que sea considerable la deriva, aumentará la propension de un navio para orzar, al paso que disminuirá la que debe tener para arribar, siempre que aumente su velocidad, ó por lo mas fresco del viento, ó por la adicion de velas que, sin alterar el equilibrio establecido entre las primitivas, aumente el movimiento directo.

413 Mr. Bouguer, en el cap. 4. sec. 1. lib. 2. *de la Manoeuvre des Vaisseaux*, da razon de estos mismos efectos, por un modo distinto del que hemos establecido en algunos de los artículos citados. La Lam. XVI. fig. 134. representa un navio cuya deriva es el ángulo R C A, y su centro de gravedad C. Supone dicho autor que el choque del agua contra el costado de sotavento obra segun la recta O *p*, y pasando á la parte de proa del centro de gravedad C, contribuye á hacer orzar un buque, con un momento proporcionado á la mayor distancia á que pasa la recta O *p* de la parte de proa del centro C.

En igualdad de las demas circunstancias da por sentado que, aumentando la fuerza del empuje de las aguas segun la O *p* á medida que es mas veloz el movimiento, debe aumentar la propension del navio para orzar por qualquiera adicion de velas, aumento del viento, ú otra causa que aumente su velocidad; y al contrario debe disminuir dicha propension en las circunstancias opuestas. Aunque semejante suposicion nos manifieste las alteraciones que se observan en la práctica, en quanto á la propension de los buques para sus movimientos de orzada y arribada, sin embargo no se incluye en ella nada del influxo que tienen en lo mismo las inclinaciones de los buques, la translacion del centro de las velas á la parte de popa, y el desvio del centro de los esfuerzos de las mismas á la parte de sotavento de la quilla.

414 En el navio que sirve de exemplo á D. Jorge Juan, el centro de las resistencias laterales con que las aguas obran contra el costado de sotavento, está 11 pies y $\frac{1}{2}$ á popa del centro de gravedad C (Lam. XV. fig. 119.), contribuyendo con un momento G H $\times$ 11 pies y $\frac{1}{2}$ para la arribada. Por una fórmula que adapta á todos los buques semejantes, determina en ellos constantemente, que el centro de dichas resistencias laterales cae á popa del centro de gravedad; y

por consiguiente las mas de las embarcaciones deben tener una gran propension para arribar, en virtud de la resistencia de las aguas que obra en el costado de sotavento. De esto se debe inferir que la resistencia O p (Lam. XVI. fig. 134.) que las aguas exercen en la parte de sotavento del navio, pasa á la parte de popa del centro de gravedad, y no á la de proa como pretende Mr. Bouguer; y por consiguiente el efecto de dicho empuje de las aguas, es contra la suposicion del autor citado.

415 Si al momento insinuado añadimos el de $f \times$ C B, ó $f \times 12$ pies, con que las velas supuestas planas procuran la arribada del mismo buque y sus semejantes, veremos la necesidad de recurrir á la translacion B D (Lam. XV. fig. 119.) del centro de los esfuerzos de las velas curvas á la parte de popa (art. 407.); al efecto de las inclinaciones D C K (Lam. XV. fig. 120.), (art. 408.); y á la separacion C V, que toma el centro de los esfuerzos de las velas á la parte de sotavento de la quilla C P (Lam. XV. fig. 121.), (art. 411.); siempre que queramos dar razon de las variedades que se observan en la práctica, á causa de refrescar el viento, ó aumentar la velocidad directa por alguna otra causa.

416 Siendo G, en el paralelogramo D H (Lam. XV. fig. 119.), el punto donde obran las resistencias laterales para hacer arribar á un navio con un momento $=$ G H $\times$ G C, se sigue que si prolongamos hácia proa la parte sumergida de un buque, en tal caso el centro de las resistencias laterales ya no será G, sino otro punto tomado mas hácia la proa E en la línea G C; por consiguiente la distancia de dicho punto, que yo supongo L, al centro de gravedad C, será menor; y el momento G H $\times$ C L, con que en este caso contribuirán para la arribada las resistencias laterales, disminuirá comparado con el anterior G H $\times$ G C. Nos consta en la ordinaria figura de las embarcaciones, que es mayor la anchura de sus proas desde la línea de agua para arriba; en virtud de esto, si por meter mas lastre ú otra carga qualquiera, sumergimos mas un navio por igual, es claro que el centro de resistencias laterales pasará mas á proa; y en conseqüencia de lo dicho podremos deducir, que un mismo navio partirá mucho mas al puño segun lo mas calado que esté, en igualdad de todas las otras circunstancias.

417 Esta verdad la atestigua de continuo la experiencia; pues un navio muy metido, orza mas que quando está boyante. Es menester advertir aquí, que los pesos que obligan á calar mas el buque

deben estar distribuidos de tal suerte, que la elevacion vertical del centro de gravedad del barco sobre la quilla, ha de ser la misma estando mas calado que quando lo estaba ménos; porque si por estar mas cerca de la quilla en el caso de mayor calado, aumentase la estabilidad del navio, esto es, tumbase ménos con igual aparejo y viento, entónces la línea DK, de la Lam. XV. fig. 120., disminuiria por lo menor del ángulo D C K; y lo que con este motivo disminuiria D K, en la Lam. XV. fig. 119., equivaldria acaso á la diminucion de C G. Si los pesos que obligan á calar mas el navio se colocan mas altos, de suerte que el centro de gravedad del buque resulte mas elevado, entónces el navio partirá mas al puño por dos razones: la primera por lo que aumenta D K tumbando mas; y la otra por lo que pasa mas á proa el punto G de las resistencias laterales.

418 Si por meter mas la proa del navio trasladamos el centro de gravedad C hácia proa, en tal caso la distancia C D será menor que ántes; y el producto $f \times CD$, que es el momento con que las velas procuran la arribada del navio de nuestro exemplo, será menor; y su propension para orzar aumentará. Ademas, á causa de haber sumergido mas su proa, hemos trasladado hácia dicha parte el punto G de las resistencias laterales. Por esta otra razon el navio *partirá mas al puño*.

Esta verdad se verifica de continuo, observándose lo mas propenso que está para la orzada el mismo navio que por adicion de pesos á su proa, sumerge mas dicha parte. Todo lo contrario sucede quando los pesos se trasladan á popa; y esto por iguales razones aplicadas á dicho caso.

El maniobrista puede sacar gran partido del conocimiento de todas estas alteraciones en varias circunstancias; emendando con la translacion ó aumento de pesos, los defectos de su navio en la parte de que acabamos de hablar. La tripulacion, por exemplo, es uno de los agentes de que puede valerse; pues con ordenar su translacion á popa ó á proa, aumentará por este medio las fuerzas que en el caso de una pronta orzada ó arribada suelen emplearse. Véanse los efectos de esta práctica en los art. 409 y 492.

CAPÍTULO XI.

De los momentos con que un número qualquiera de velas contribuye á la inclinacion de un buque, y de aquellos con que éste la resiste.

419 En el capítulo anterior explicamos los momentos con que cierto número de velas largas procuraba la orzada ó arribada de un navio; y asimismo quanto contribuian á dichos movimientos las resistencias de proa y del costado; despues dimos los medios de minorar, ó aumentar la propension del navio á qualquiera de los dos movimientos dichos. Del propio modo procederemos en este capítulo. 1.º Averiguaremos los momentos con que un número qualquiera de velas con que se navega procura la inclinacion de un barco. 2.º Trataremos de los momentos con que el dicho resiste la tal inclinacion; y concluiremos con insinuar los recursos de que puede valerse el maniobrista, para constituir su navio capaz de aguantar mas ó ménos vela: esto es, para aumentar ó disminuir su estabilidad.

420 Represente K (en la Lam. XV. fig. 120.) el centro de los esfuerzos de las velas largas, y supongamos que el esfuerzo lateral de dichas velas reunido en K, sea $=f$; sea ademas C el centro de gravedad del navio. Por lo dicho (art. 369.), $f \times CD$ indicará el momento con que el determinado número de velas procura abatir el navio. Este producto es claro que será mayor segun aumenten sus factores f, y C D. Uno de los aumentos que de contínuo puede adquirir f, consiste en la mayor fuerza del viento, aunque la disposicion de las vergas y el número de velas sea el mismo. Subsistiendo invariable el viento se aumentará f largando mas velas, y aun sin aumentar el número de estas ni la fuerza del viento, aumentará f por otro medio. En la Lam. XV. fig. 117. hemos visto que de toda la fuerza del viento representada por D S, la sola D a, ó su igual S T, obraba contra la vela; y de toda esta última, sola la porcion S H constituia la fuerza lateral. Si braceamos de tal suerte la verga A B, de modo que quede paralela á la quilla E F, entónces á mas de aumentar la fuerza perpendicular S T, tendremos que toda la dicha fuerza constituirá en tal caso la que hemos llamado lateral. Por consiguiente, f aumentará segun vayan creciendo hasta 90° los ángulos que las vergas formen con el viento, subsistiendo el mismo el que aquellas forman con la quilla.

421 Si el ángulo V S T, que forma la quilla S V con la direccion S T que obra perpendicularmente contra la verga, fuese muy pequeño, la línea S T se confundiria casi con la quilla. En virtud de lo qual aumentaria en el paralelogramo V H la fuerza S V que obra en el sentido directo de popa á proa, y disminuiria la lateral S H. Todo lo contrario sucederia aumentando como hemos visto hasta 90° el ángulo V S T. En la Lam. XIV. fig. 117. se echa de ver que el ángulo V S A que la quilla forma con la verga, es el complemento del V S T de que se trata. Así podremos decir que en igualdad de todas las demas circunstancias, *f*, ó la fuerza lateral de las velas aumentará, á medida que aumente el complemento del ángulo A S V que la verga forma con la quilla.

Estos serian los aumentos que podria adquirir *f*, siempre que las velas se considerasen planas. Los principios expuestos en los capítulos anteriores, nos facilitan el tratar con mas extension acerca de los aumentos que puede tener *f*, por razon de la diversa curvidad que toman las velas braceadas obliquamente al viento.

422 Hemos visto (Lam. XIV. fig. 114.) que la línea L O, que nos manifiesta la direccion de los esfuerzos de una vela curva, cae á la parte de sotavento del centro de la vela; dicha línea forma por decontado el ángulo L O Q con la perpendicular á la verga. Consideremos este ángulo en la Lam. XV. fig. 117. Sea la recta S M la que pasa por el centro de los esfuerzos de la vela, y S T la perpendicular á la verga; T S M será el tal ángulo. La direccion segun la qual obran los esfuerzos de la vela, no será ya la S T, sino la S M; y así el ángulo V S M cuyo aumento hasta 90° aumenta la *f*, segun vimos (art. 421.), no será el complemento del ángulo A S V que la verga forma con la quilla; sino será dicho complemento mas el ángulo T S M, cuyo valor vamos á buscar.

Sea C Q (Lam. XV. fig. 122.) la quilla; A K la verga; A B K una seccion horizontal de la vela. Si por los extremos A y K, se tiran las dos tangentes A O, K O, la línea T O, que divide el ángulo A O K en dos partes iguales, será la direccion segun la qual obran los esfuerzos de la vela. Tírese la perpendicular T D á la verga. Debemos hallar el valor del ángulo D T F, que es el que se debe añadir al complemento de aquel que la verga forma con la quilla, á fin de tener en la Lam. XV. fig. 122. todo el C T O, y en la Lam. XV. fig. 117. todo el V S M, que en ambas figuras nos significan los ángulos que la quilla forma con las direcciones T O, ó S M,

segun las quales obra la vela. Para esto si en el triángulo A O K (Lam. XV. fig. 122.) restamos de 180° los dos ángulos K y A, tendremos el tercero A O K; su mitad será T O K, y si este último lo añadimos al A K O, se tendrá el A F O, y si de este restamos el A S C que la verga forma con la quilla, tendremos el ángulo C T O que se busca.

En efecto, $AOK = 180° - K - A$; $FOK = 90° - \frac{1}{2}K - \frac{1}{2}A$. Si á este último le añadimos el otro interno en K, tendremos en la suma de los dos internos $90° - \frac{1}{2}K + K - \frac{1}{2}A = 90° + \frac{1}{2}K - \frac{1}{2}A$ el ángulo externo $AFO = KFT$. Si de este restamos el ángulo interno en S del triángulo S T F, tendremos el otro ángulo interno C T O que se busca. El ángulo en S, que nos manifiesta el que la verga forma con la quilla es $= \beta$; así $90° - \beta + \frac{1}{2}K - \frac{1}{2}A = CTO$. Esto quiere decir, que el ángulo C T O es = al complemento del ángulo β que la verga forma con la quilla, + la semidiferencia de los ángulos en K y en A, formados en los extremos de barlovento y sotavento de la vela con la verga.

En el art. 421. diximos que la fuerza lateral de la vela $= f$, que causa el abatimiento del navio, aumentaba al paso que crecia hasta 90° el complemento del ángulo A S V (Lam. XV. fig. 117.); pero esto era considerando planas las velas. Ahora segun lo que acabamos de ver, f aumentará segun creciere hasta 90° el ángulo V S T, complemento al A S V, y segun creciere la diferente curvidad de la vela en sus extremos de barlovento y sotavento. Esta diferente curvidad aumenta segun los aumentos que toma el viento, y segun el ángulo que la direccion de este último forma con la verga.

Quando el viento es muy floxo, la diferente curvidad de las velas es casi cero, y las dichas pueden entónces considerarse planas; pero aumentando el viento, aumenta la diferente curvidad de las velas, y su fuerza lateral f aumentará por dos razones. La 1.ª por lo mas fuerte del viento; y la 2.ª por la diversa curvidad que toman las velas en sus extremos de barlovento y sotavento.

423 Hemos dicho que f, igual á la fuerza lateral de las velas, multiplicada por C D, distancia vertical del centro de gravedad del buque al punto K de reunion de sus esfuerzos, indicaba el momento con que cierto número de velas largas inclinaban el navio. Se han recorrido los varios aumentos que este momento $f \times CD$ puede adquirir por el aumento de la fuerza f; falta ahora indicar los que le procura el aumento de C D. Si el punto de reunion de los esfuerzos

de las velas en lugar de hallarse en K (Lam. XV. fig. 120.) se hallase en J, el factor C D aumentaria de la cantidad D d, la qual crecerá segun creciere la distancia vertical C d. Por consiguiente quanto mas alto esté el punto de reunion de los esfuerzos de las velas, tanto mas contribuirán las dichas á abatir el navio. En conseqüencia de esto, si los juanetes, periquitos y gávias sin rizos, igualasen en superficie á las mayores y otras inferiores, el navio tumbaria mas con el primer aparejo que con el segundo; y esto solo por lo mas elevado que estaria el punto de reunion K de los esfuerzos de las velas en un caso que en otro. Recopilando ahora todo lo dicho respecto á los aumentos de $f \times$ C D tendremos, que la inclinacion de un buque aumentará segun aumentare el viento, segun el mayor número de velas que se lleven largas, segun lo mas elevadas que esten dispuestas, segun el menor ángulo que la verga forme con la quilla, y segun el que la misma verga forme con la direccion del viento.

De estos mismos conocimientos que la práctica sugiere, saca su partido el maniobrista para disminuir la inclinacion del navio, ya sea disminuyendo en total la superficie de las velas largas, ó ya dexando aquella la misma, recogiendo las altas y largando equivalente número de baxas; y ya en fin disponiendo las vergas mas próxîmas al viento; lo que se consigue, ó braceando las dichas y variando los ángulos que forman con la quilla, ó bien dexando estos invariables y orzando por medio del timon. *

424 Hasta aquí se ha tratado de los momentos con que las velas procuran la inclinacion de un buque. Pasemos ahora á exponer los momentos contrarios con que el buque resiste la tal inclinacion. Represente la Lam. XV. fig. 123. un navio inclinado; A D la línea de agua quando está recto; G L la que tiene en la inclinacion. La parte L E D será la que sumerge de mas, y A E G la que descubre. Sea B C E Q una línea vertical quando el navio está recto, y en el estado actual inclinada como se vé. Sea C el centro del volumen en el caso de rectitud, y N el punto donde se traslada á causa de la inclinacion. Sea K el centro de gravedad del barco. Desde el punto N elevemos la vertical N E; el punto E, en donde corta á la recta B C E Q será el metacentro; de la etimología de cuya palabra hemos hablado en su correspondiente capítulo. E K será la dis-

* Disminuyendo la elevacion ó caida de las velas, y aumentando su anchura ó cruzamen, puede aumentarse la estabilidad de un buque sin disminuir la fuerza que contribuye á su movimiento de velocidad.

tancia del metacentro al centro de gravedad. En el nuevo centro del volumen N sabemos que obra segun la direccion vertical N E, una fuerza igual al peso del fluido desplazado. Si representamos la tal fuerza por F, tendremos que F × K E × sen. E, será el momento con que la resistencia vertical del fluido se opone á la inclinacion del navio (art. 378.).

Habiendo determinado (art. 420.) que f × C D era el momento con que las velas procuran la inclinacion del navio, tendremos que habrá perfecto equilibrio, quando f × C D sea = F × K E × sen. E: cuyo último producto nos representa, como acabamos de ver, el momento con que la fuerza vertical de las aguas resiste la inclinacion.

425 Vimos todos los aumentos que pueden tener los factores f y C D en sus correspondientes artículos; ahora averiguaremos los que convienen á F, K E y sen. E, que deben contrarrestar los primeros. En primer lugar F, ó la resistencia absoluta del fluido, debe aumentar segun aumente el volumen sumergido. K E ó la distancia del metacentro al centro de gravedad aumentará, ó bien por elevarse E ó por baxarse K. Si el centro del volumen en lugar de trasladarse de C á N, hubiera llegado hasta la vertical J e, esta hubiera encontrado en e la recta B C e Q, y dicho punto seria el del metacentro, habiendo aumentado la distancia E K, de toda la cantidad E e. Tambien aunque el metacentro subsista en E, si el centro de gravedad residiese en p y no en K, la distancia E K aumentaria en K p. Así reuniendo todos estos posibles aumentos, tendremos que los momentos con que un navio resiste la inclinacion crecerán, segun fuese mayor el volumen sumergido, segun aumentase la distancia horizontal C N del primitivo al nuevo centro del volumen, y segun estuviese mas baxo el centro de gravedad K.

426 De todos estos conocimientos puede sacar el maniobrista recursos utilísimos en la práctica, para disminuir las inclinaciones del navio. Metiendo mas lastre, el navio sumerge mas; y por otro lado, por la adicion de este peso baxo desciende el centro de gravedad; y en conseqüencia con sola la adicion de lastre se aumenta la resistencia del buque por dos razones; la primera por aumentar el volumen sumergido, y la segunda porque crece la distancia del metacentro al centro de gravedad. Quando no hay el recurso de meter mas lastre como sucede en el mar, la translacion de pesos puede darnos iguales ventajas. Por exemplo, si se mete la artillería en la poza, es cierto

Ff

que el navio no sumergirá mas ni ménos que ántes, pero el centro de gravedad K habrá descendido, y con su descenso aumentado la estabilidad ó resistencia. Todo lo contrario se debe entender quando ó disminuimos el lastre, ó pasamos arriba de la línea de agua, los pesos que estaban baxo. El momento con que contribuye un peso á aumentar ó disminuir la estabilidad de un navio, se expresa por el dicho peso, multiplicado por su distancia vertical de la línea de agua hácia la parte superior ó inferior. De donde se infiere, que un barco tumbaria mas, segun el mayor peso que le quitásemos, y segun el mayor punto de elevacion adonde lo transfiriésemos. Al contrario tumbaria ménos, segun el mayor peso que se le aumentase, ó lo mas baxo que se colocase ó transfiriese.

427 Con la diminucion introducida en los fondos de un buque, ó por medio de sus aumentos valiéndonos de los embonos, podemos variar tambien su estabilidad. Á esto hace relacion lo que reflexîona el Teniente General de la Real Armada D. Joseph de Mazarredo, en el informe de la campaña de pruebas del verano de 1785.

»No debe omitirse la reflexîon de que ántes las fragatas como »estas (refiriéndose á la Santa Brígida y Santa Casilda) navegaban »forradas en madera, con un desplazamiento mucho mayor, y así se »decia no haber viento que las hiciese rendir; y opinándose de este »modo por todas, todavía se citaba como mas fuerte á la Santa Bár»bara. Vimos lo contrario en las campañas de la Armada combina»da, en las quales esta fragata en sus fuerzas de vela perdia entera»mente la bateria, y no por otra razon que por la falta de tres pul»gadas de ancho en todos sus fondos. Por tanto, hoy que han de »navegar ya siempre forradas en cobre, es indispensable el aumen»to de manga en la forma propuesta, para darlas mayor desplaza»miento."

428 Para reunir baxo un solo punto de vista quanto hemos reflexîonado, acerca de los modos de aumentar ó disminuir las inclinaciones que toman los buques, podemos fixar la vista en la fórmula sen. $\triangle = \frac{\frac{2}{3} n r u}{K U \tan. (\beta - \delta)}$, que trae D. Jorge Juan en el art. 383. del 2.° tomo de su Exâmen Marítimo. En la dicha, sen. $\triangle$ manifiesta el seno del ángulo de la inclinacion, la qual se vé que será mayor á medida que aumente el numerador, y disminuya el denominador de quebrado á quien se iguala: n equivale á la elevacion del centro de los esfuerzos de las velas que se llevan mareadas sobre el centro de

gravedad del buque; r á la resistencia de la proa; y u á la velocidad directa. Por hallarse todas estas cantidades en el numerador del quebrado se vé, que aumentarán la inclinacion siempre que las dichas aumenten, subsistiendo constantes las del denominador. Por consiguiente el uso de velas altas hará mayor la inclinacion por el aumento que adquiere n. En quanto á la velocidad directa u, debemos tener presente que la dicha, como veremos en los art. 569. y 571., crece en general, segun lo mas fuerte del viento, y el mayor número de velas de que se hace uso; en conseqüencia quanto mayor sea el viento y la superficie de velas mareadas, tanto mas aumentará la inclinacion en igualdad de otras circunstancias.

Respecto á las cantidades del denominador, K nos manifiesta la elevacion del metacentro sobre el centro de gravedad del barco; U el volumen sumergido; β el ángulo que las vergas forman con la quilla; y δ el que la direccion del esfuerzo del viento contra la vela forma con la perpendicular á la verga. Segun cuyas denominaciones se vé que, lo mas baxo del centro de gravedad, la mayor elevacion del metacentro, el mayor volumen sumergido, y el aumento que tome tan. $(\beta - \delta)$, contribuirá á disminuir las inclinaciones como hemos insinuado en los art. 421. y 423.

429 Para conocer por medio de esta fórmula las inclinaciones que tomará un barco en qualesquiera circunstancias, basta substituir en la dicha los valores de las cantidades que representa correspondientes al caso de que se trata. Por exemplo, supongamos que se quiera averiguar la inclinacion que tomará un buque navegando de bolina con todo aparejo. Si en dicho caso n vale 70 pies y $\frac{1}{2}$, r 294, K $9\frac{1}{8}$, U 68650, tang. $(\beta - \delta)$ 0, 6188, tendremos sen. $\Delta = \frac{331622}{9273321} u$; y si la velocidad del viento fuese de 10 pies por segundo, $u = \frac{335}{100}$ como se puede deducir de la fórmula de la Lam. A N.° 1.° art. 579. y siguientes. Por consiguiente sen. $\Delta = \frac{11109337}{92733210}$: de donde se sigue que el ángulo de la inclinacion es próxîmamente de 6° 53′. Por el aumento del viento debe aumentar la velocidad u, y así deberá deducirse de la Lam. A N.° 1.° y art. ántes citado, el correspondiente valor de u, segun la diversidad de la fuerza del viento, y de las demas circunstancias de dicha fórmula.

430 Valiéndonos de la misma fórmula de las inclinaciones, se

puede juzgar de la fuerza del viento que pueden soportar los palos, masteleros y vergas, como concluye D. Jorge Juan en el art. 389. del 2.° tomo de su Exâmen Marítimo. Supongase que se haya observado que navegando de bolina con todo aparejo largo, resistan los palos y masteleros de un buque hasta que este último tome la inclinacion de 12°. En semejante caso sen. $12° = \frac{\frac{2}{3} n r u}{\text{K U tan.} (\beta - \delta)}$; D. Jorge Juan concluye que, para el navio que le sirvió de exemplo haciendo la substitucion, dicha fórmula se puede reducir á sen. $12° = \frac{784\, n u}{2505725 \text{ tan.} (\beta - \delta)}$; y por quanto $u = \frac{335 \text{ V}}{1000}$, $n = 70\frac{1}{2}$, y tang. $(\beta - \delta) = $ tang. $(31° 40')$, en la circunstancia de que hablamos, resultará sen. $12° = \frac{70\frac{1}{2}. 784. 335. \text{V}}{1000. 2505725 \text{ tan.} (31° 40')}$; y sacando el valor de V, ó de la fuerza del viento $\text{V} = \frac{1000. 2505725. \text{ sen.} (12°) \text{ tan.} (31° 40')}{70\frac{1}{2}. 784. 335.}$, que con corta diferencia se reduce á $\text{V} = 21$ pies y $\frac{85}{100}$. Por consiguiente tal será la velocidad ó fuerza del viento que podrá soportar el navio de nuestro exemplo navegando de bolina con todo aparejo, sin riesgo de avería en su arboladura. Por un estilo semejante se concluirá la resistencia de los palos, masteleros y vergas para otro determinado aparejo y viento. En el art. 543. daremos la descripcion de un anemometro, ó instrumento propio para conocer la fuerza relativa del viento, siempre que se haga uso de él navegando con alguna velocidad; pero siempre que nos valgamos de dicho instrumento estando parados, en términos que el viento pueda chocarlo con la misma fuerza que á todo cuerpo inmovil, tendremos el esfuerzo verdadero del viento; y comparando qualquiera esfuerzo de estos con el que puede soportar la arboladura, quedaremos asegurados del número y clase de velas que podemos usar sin el menor riesgo en la determinada circunstancia.

431 El curso de nuestras reflexîones nos ha conducido á parage de satisfacer alguna duda que puede ocurrir á los marinos poco prácticos, relativamente á lo que hemos extractado del Exâmen Marítimo en los anteriores artículos. Acabamos de insinuar que las inclinaciones de los buques pueden indicarnos el aguante de la arboladura; y en el navio que sirvió de exemplo á D. Jorge Juan vimos, que la inclinacion de 12° era la mayor que podian sufrir los palos lle-

vando largo todo aparejo, y navegando de bolina. Es claro que otro navio de igual arboladura, pero de mayor estabilidad ó aguante de vela, desarbolará tal vez, si llega el caso de inclinarse 12°; porque para que dicho navio llegue á contraer semejante inclinacion, necesita un viento que corra mas de los 21 pies $\frac{85}{100}$ por segundo. Por consiguiente los ojos hechos á medir el riesgo de los palos por las inclinaciones del primer buque, padecerán error de conseqüencia observándolas en el segundo.

En satisfaccion de estos aparentes y leves reparos debemos acordar, que la inclinacion que en todo caso podria ser propia para gobernarnos acerca del riesgo de la arboladura de un buque, sería solamente la que se hubiese observado en el mismo barco, y solo serviria por el determinado tiempo en que no se alterase su estabilidad, á causa de las indispensables alteraciones ocurridas en la estiba. Por otro lado los marineros, en la práctica ordinaria de sus maniobras, están muy léjos de tantear por las inclinaciones de los buques observadas á ojo, el aguante de los palos y masteleros; sirviéndoles de casi único gobierno, el arqueo ó curvidad que notan en los dichos.

432 Ántes de terminar el capítulo de las inclinaciones indicaremos brevemente, los riesgos á que se halla expuesto un buque en el caso de *tomar por la alua*. Este accidente se verifica, como todo el mundo sabe, quando navegando con un viento violento da de repente en facha contra las velas, ya sea por un cambio subito que llamamos contraste, ya por descuido de los timoneles. D. Jorge Juan concluye en el art. 390. del segundo tomo de su Exâmen Marítimo, que en el caso de caer el viento perpendicularmente sobre las velas habiendo *tomado por la alua*, siendo la velocidad del dicho de 60 pies por un segundo de tiempo, la inclinacion que tomaria el navio de su exemplo llevando las dos mayores, sería de 34° 41′; quando en la circunstancia de tener dichas dos velas orientadas para navegar directamente de bolina en la forma ordinaria, resulta la dicha inclinacion de solos 13° 54′ (art. 388. del segundo tomo del Exâmen Marítimo). Bien se ve que en la inclinacion de 34° 41′, entraria el agua sobre las bordas, y el navio citado estaria expuesto á perderse; y si por casualidad aumentase el viento, se perderia sin remedio, á ménos que la violencia del viento dando en facha contra las velas no las rifase ó abatiese los palos.

Comunmente los contrastes ocurren en los malos tiempos, y el

nuevo viento que sobreviene es por lo ordinario mucho mas violento que el anterior. En conseqüencia de esta experiencia casi cons tante se deduce la necesidad de precaverse contra el temible accidente de *tomar por la alua*, velando sin cesar en el manejo de los timoneles, y previniéndose con la supresion de todas las velas posibles hasta quedarse á palo seco, quando una repentina calma ó cesacion del viento reynante, haga recelar un subito contraste.

CAPÍTULO XII.

De los efectos del timon.

433 En el libro de las máquinas (art. 196. y siguientes) hemos tratado acerca de dar al timon las varias posiciones que se requieren segun las circunstancias. Aquí consideraremos los efectos que resultan de su colocacion para los movimientos del navio. Sea A C B (Lam. XVI. fig. 124.) la quilla; A la proa; C el centro de gravedad del buque; B la popa; B S T una prolongacion de la quilla; B H la posicion de la pala del timon. Supongamos que el navio no tenga deriva ó abatimiento alguno; y será Q M, paralela á la quilla, la direccion segun la qual la pala B H chocará el fluido. Manifieste M Q el esfuerzo absoluto del agua, el qual como obliquo á la pala B H, se descompondrá en los dos R Q y P Q; el primero paralelo á la pala, y que no produce efecto contra ella; el segundo perpendicular á dicha, y que es el único que obra. Supongamos que Q T sea igual á dicho esfuerzo perpendicular P Q: tendremos que respecto á la quilla lo podemos descomponer en dos; el uno como Q V paralelo, y el otro Q S perpendicular. Si despreciamos el corto intervalo Q S, de modo que concebimos la parte Q V coincidente con la quilla, dicho esfuerzo Q V solo contribuirá á contener el navio en su marcha. El otro Q S, perpendicular á la quilla, hará girar el navio con un momento $= QS \times CS$; manifestando Q S la fuerza, y C S la distancia del centro de gravedad á que obra. De todo lo qual se infiere, que de toda la fuerza absoluta M Q, que hemos supuesto en la Lam. XVI. fig. 124., la sola parte P Q obra contra la pala, y aun de esta sola la porcion Q S contribuye á hacer girar el buque; empleándose toda la Q V en casi solo retardar su marcha. Hemos dicho en casi solo, porque contribuye tambien algo al movimiento giratorio.

434 Represente B H, en la Lam. XVI. fig. 125., la pala del timon dispuesta perpendicularmente á la quilla del navio B A: esto es,

de modo que forme con dicha un ángulo de 90°. En tal caso todo el esfuerzo absoluto M Q es el que obra contra la pala; y como dicho esfuerzo es paralelo á la quilla resulta, que ni respecto á esta, ni respecto á la pala, lo debemos descomponer en dos. Luego quando la pala se dispusiese perpendicular á la quilla tendriamos, que el esfuerzo M Q, del qual solo una parte obraba contra la pala en la Lam. XVI. fig. 124., ahora obraria todo él, y nos resultaria ventaja respecto al esfuerzo total. Pero despreciando el corto intermedio B Q (Lam. XVI. fig. 125.), podremos imaginar la fuerza M Q coincidente con la quilla; y como sus esfuerzos se dirigen de proa para popa en el sentido opuesto al camino que hace el navio, solo contribuirá á retardar su marcha; y el momento $QS \times CS$, de la Lam. XVI. fig. 124., con que contribuía al movimiento giratorio resulta cero.

435 Si en el mismo supuesto de no haber deriva alguna, suponemos que la pala B H coincida con la prolongacion B S de la quilla, en tal caso el esfuerzo M Q de las aguas, paralelo á la quilla, será paralelo á la pala, y la dicha no recibirá esfuerzo alguno. El momento pues con que contribuirá á hacer girar el buque, será igual cero. Hemos sentado que el momento con que la pala hace girar el buque es tambien cero, quando el ángulo que la dicha forma con la quilla es de 90°; por consiguiente entre el ángulo de 0° y de 90° que la pala del timon puede formar con la quilla, hay uno que es el mas ventajoso para dar al navio el movimiento giratorio de que hablamos. Este ángulo mas ventajoso lo halla D. Jorge Juan para el caso de no haber deriva alguna de 45°. Quando hay deriva, el que debe formar la pala con la quilla á la parte de sotavento debe ser $= 45° - \frac{1}{2}$ el ángulo de la deriva; y el que ha de formar á barlovento $= 45° + \frac{1}{2}$ el ángulo de la deriva.

436 No obstante las ventajas que resultan de los ángulos expuestos, en la comun disposicion de los navios apénas puede formar el timon con la quilla un ángulo de 35°. La caña, que es una barra horizontal hecha firme en la cabeza del timon, para que como palanca facilite su manejo, es bastante larga, y queda ya casi apoyada sobre el costado, abriendo el ángulo de 35°: para que este se pueda formar mayor es preciso acortar la caña; y esto tiene el inconveniente de que resultaria mas rudo el manejo del timon; bien que hemos visto en el art. 200., hablando de las máquinas, los modos de disminuir esta rudeza aumentando los radios de la rueda respecto á su exe. Pero por otro lado, la pérdida que resulta de lo menor del án-

gulo que comunmente se observa al que nos da el cálculo, no es considerable. Supongamos para mayor facilidad el caso de ser la deriva cero; y tendremos que la máxîma fuerza que nos da la teórica es á la que resulta por la práctica de los marineros, como $(45^\circ)^2$ á sen. 35° cos. 35°, ó próxîmamente como 10 á 9 *; de suerte que toda la pérdida de la fuerza se reduce á una décima parte. Lo mismo resulta con corta diferencia con qualesquiera otros ángulos, á excepcion de los que con deriva se forman por barlovento, ó con el fin de orzar. Supuesta como de 10° la deriva, será la fuerza máxîma de la teórica á la que resulta por la práctica ordinaria, como sen. $(40^\circ)^2$ á sen. 25° cos. 35°, ó como 25 á 21, cuya diferencia es algo mayor; pero comunmente la necesidad de orzar no se hace tan urgente como la de arribar, y los navios, por las razones ya expuestas en los capítulos anteriores, tienen por lo ordinario mayor propension para orzar, especialmente quando el viento es fuerte que es en el caso de ser considerable la deriva.

437 Otra razon nos mueve á dar por bueno el ángulo de 30° de la práctica ordinaria; porque el timon retarda, como hemos visto, la marcha del navio; y asi quando el ángulo que la pala forma con la quilla es de 45°, no hay duda que choca mas directamente al fluido, que en el caso de ser dicho ángulo de solos 30°; por consiguiente el navio perderá mas velocidad valiéndose del primer ángulo, que usando del segundo. De todo lo qual debemos concluir, que se puede muy bien dexar como está la práctica del timon, y quando queramos que la pala forme el decantado ángulo de 45° disminuyendo la longitud de la caña, nos valdremos de los medios indicados en el art. 200. del libro de las máquinas, para disminuir lo rudo del manejo de dicha máquina, á pesar de la menor longitud que hemos dado á su palanca.

438 Hasta aquí hemos considerado los efectos del timon para el caso en que el navio no tenga deriva ó abatimiento alguno: pasemos ahora á observarlos quando el buque sigue un rumbo medio entre las dos direcciones que le comunica la fuerza del viento; la una en sentido de su proa, y la otra en el del costado. De este exâmen concluiremos que quando el barco tiene notable abatimiento, el uso del timon facilita mucho mas su movimiento de arribada que no el de orzada. Para proceder con órden, supongamos que Q P manifieste (Lam. XVI. fig. 126.) la quilla; Q la popa; P la proa; H T repre-

* Véase la fórmula del art. 291. del segundo tomo del Exâmen Marítimo de Don Jorge Juan, en la qual cos. A debe ser cos. λ = cos. 45°.

sente una verga; J E la direccion del viento. La fuerza perpendicular á la verga representada por J T, es obliqua á la quilla; y por consiguiente impelerá á esta última segun la direccion E P, y segun la E N. Un cuerpo impelido por dos fuerzas, sigue la diagonal del paralelogramo que se forma sobre las dichas; así el navio seguirá la línea E F.

439 Sentado ya esto, supongamos que M N (Lam. XVI. fig. 127.) indique la direccion del viento: en virtud de lo dicho, el navio F O seguirá la línea T B; la disposicion F N de la pala del timon da á entender que obra para facilitar la arribada. Como todo el navio se mueve segun la T B, el timon F N se moverá segun la paralela A P chocando al fluido en dicha direccion. Luego ya la pala no chocará segun la A B paralela al rumbo, sino segun la A P; esta se acerca mas á serle perpendicular en todo el ángulo R A P; y como de toda la fuerza que sufre la pala del timon sola la parte que le es perpendicular contribuye al movimiento giratorio, tendremos que la propension á dicho movimiento aumenta en todo el ángulo R A P de la deriva. Luego teniendo deriva el navio, la fuerza con que el timon facilita su arribada se aumenta segun crece dicho ángulo. Lo contrario sucede en la orzada (Lam. XVI. fig. 128.): viniendo el viento segun la M N, la pala F N está preparada para orzar; siguiendo el buque la línea T B, la pala ya no choca al fluido segun la A R, sino segun la paralela A P á la nueva direccion. La fuerza del timon en este caso, respecto á quando no haya abatimiento, se ve pues que está disminuida en todo el ángulo R A P de la deriva. Por consiguiente podemos concluir, que siempre que el navio tenga abatimiento, en igualdad de ángulos de la pala con la quilla, el timon actuará con mas fuerza para la arribada que no para la orzada.

440 Leonardo Eulero reflexîona del modo siguiente, acerca del menor efecto del timon para la orzada que no para la arribada quando es considerable la deriva, que es el mismo caso de que hablamos. Siendo F T el rumbo que sigue el navio, de suerte que A F T (Lam. XVI. fig. 129.) resulte el ángulo de la deriva, se dexa ver, dice dicho autor, que corriendo el agua desde proa segun la direccion A *b*, apénas puede tropezar con el timon aunque la dicha vaya encorvando su corriente. En conseqüencia se advierte que en semejante caso, la mayor parte de los buques se rehusan en un todo á la solicitud del timon, cuyo efecto, aun en la circunstancia de verificarse la llegada de la corriente del algua, sería siempre menor que en las derrotas directas. La figura citada nos manifiesta, que esta

falta debe notarse mas, á medida que en las embarcaciones se disminuye la razon de su longitud ó eslora, con su anchura ó manga. Pero si la eslora del buque sobrepuja de mucho su manga, aumentará la accion del agua contra la pala del timon, siempre que al mismo tiempo los delgados de la popa faciliten el que la dicha resbale á lo largo de los costados. Semejante ventaja, continua dicho autor, estimula á los constructores á que angosten por grados insensibles la figura de las popas, suprimiendo casi toda la curvidad en dicha parte, con el objeto de conceder á los buques la excelente propiedad de su fácil y fino gobierno.

441 Mr. Rommé no piensa así de resultas de las experiencias que referiremos brevemente. Sin embargo, en quanto al mayor efecto de la parte mas baxa de la pala del timon, Leonardo Eulero procede acorde con dicho autor; pues á continuacion de las miras necesarias para el buen gobierno, nos dice. Los constructores ponen en práctica otro medio para llenar su objeto: le dan á la quilla una posicion inclinada al horizonte, de modo que la popa, y por consiguiente la pala del timon, resulta mas profundizada que no la parte de proa. De esta suerte llega el agua á la pala y la choca en su parte inferior mas libremente. Otra circunstancia ayuda los efectos del timon en semejante caso segun dicho autor. En las derrotas en que la deriva resulta á estribor, por exemplo, inclinándose el navio sobremanera hácia dicha vanda sucede, que la quilla queda mas descubierta por la parte de babor; y en virtud de esto el cuerpo del buque no pone tanto obstáculo á que las aguas lleguen á chocar la pala.

442 Habiendo indicado la mayor facilidad con que la pala del timon puede procurar á un navio el movimiento de arribada por causa de la deriva, conviene que manifestemos seguidamente, los estorbos que en semejantes circunstancias dificultan dicho movimiento. La deriva solo resulta considerable en el caso de ser el viento muy fuerte, y entónces el navio se inclina precisamente hácia sotavento. Si en tal caso se dispone el timon para arribar, es claro que la pala, adherente al codaste y á todo el cuerpo del buque, participará de toda la inclinacion del dicho, y cesará de ser vertical y perpendicular á la superficie horizontal de las aguas; por consiguiente el esfuerzo de dichas impelerá la pala en el sentido vertical y en el horizontal. En virtud del primero el navio elevará su popa y sumergirá su proa, con perjuicio del movimiento giratorio: el segundo contribuirá al giro; pero hemos de advertir que hallándose inclinada

la pala del timon, profundiza mucho ménos en el fluido, y por esta razon, como veremos art. 449., resulta disminuido su efecto. En conseqüencia no deberá reputarse como contrario á las advertencias hechas acerca de la deriva, el que un buque dificulte la arribada en semejante ocasion. La dificultad crecerá á medida que la inclinacion aumente; la qual, en igualdad de las demas circunstancias, depende de lo fuerte del viento, del número de velas mareadas, y de la mayor altura á que estén dispuestas.

443 Reuniendo quanto hemos reflexîonado sobre los efectos del timon concluiremos. 1.° Que, en igualdad de ángulos de su pala con la quilla, procurará al navio los movimientos de orzada y arribada con tanta mas fuerza, quanta mayor fuese la velocidad del buque; porque la pala, en virtud de la mayor velocidad, romperá el fluido con mas fuerza, y las resistencias absolutas que opondrán las aguas á su movimiento aumentarán á proporcion.

2.° Quando hay deriva, en igualdad de ángulos con la quilla, el timon obra con mas ventaja para arribar que no para orzar.

3.° Quando un buque se halla muy tumbado ó inclinado hácia la parte de sotavento, se disminuye el efecto del timon para procurarle la arribada.

4.° En qualquiera ángulo que dispongamos la pala del timon respecto á la quilla, se retarda el curso del baxel; y este retardo crece segun aumenta dicho ángulo hasta los 90°; siendo cero quando dicho ángulo es 0°, ó quando la pala del timon se puede considerar una prolongacion recta de la quilla.

444 De todas estas consideraciones sacará partido el maniobrista para la práctica, á fin de usar del timon con la mayor ventaja posible; y principalmente para no servirse de dicha máquina sino en los meros actos de orzada y arribada; no valiéndose de ella quando quiera conservar el equilibrio de las velas de popa y proa para seguir un rumbo propuesto: recurriendo para obtener su objeto á los medios que le sugieren la supresion ó aumento de velas; porque siempre que use del timon retarda el curso del baxel, y solo conseguirá el equilibrio, perjudicando á la util velocidad de su marcha. Á pesar de lo expuesto ocurre con freqüencia en las navegaciones, la necesidad de emplear el timon para obtener el deseado equilibrio y seguir un determinado rumbo. Los golpes de mar alteran repentina y variablemente, la disposicion al equilibrio que se procura dar al navio por medio de las velas; el largar ó suprimir estas con el tino y continua

velocidad que exîgen los golpes de mar, á quienes deberian oponerse, ademas de ser impracticable, arrastraria un sin número de inconvenientes. El continuado uso del timon resulta indispensable en tales circunstancias, exîgiendo que dicha máquina permanezca en un continuo movimiento, lo que pide mucho cuidado y aun mayor práctica; la qual en semejantes casos es la mejor guia que puede seguirse.

445 Debemos advertir que en el caso de venir el navio para atras, por haber puesto sus velas en facha, entónces las disposiciones de la pala del timon para conseguir los movimientos de orzada y arribada, deben ser contrarias á las que se prescribieron para quando se navega en el sentido ordinario; y por consiguiente para conseguir la arribada del navio en el caso de retroceder, deberá ponerse la pala del timon á barlovento, y para orzar á sotavento; porque en tal caso, la fuerza absoluta de las aguas se exerce de V para Q (Lam. XVI. fig. 124.), y la perpendicular á la quilla de S para Q.

446 Hemos visto (art. 436.) que la menor longitud de la caña del timon, al paso que nos proporciona aumentar el ángulo de su pala con la quilla, nos dificulta su gobierno aun en los casos ordinarios de la navegacion. Este inconveniente crece en las ocasiones de mucha mar, en las quales se añade el riesgo de romper la caña y averiar la pala, por el objeto que presenta su mucha superficie al repetido y fuerte embate de las olas. En virtud de todo lo qual sería de sumo interes el prescribir un medio el qual, á mas de proporcionarnos el mas fácil manejo del timon con qualesquiera longitudes de cañas y demas circunstancias, nos permitiese disminuir la superficie de su pala, y libertarla de los daños que le ocasionan los golpes de mar, aumentando, ó quando ménos conservando á los buques la propension que se les procura imprimir por medio de esta máquina, para los movimientos de orzada y arribada. Aunque la teórica y fórmulas del Exâmen Marítimo de D. Jorge Juan, acerca de las desnivelaciones que sufren en su movimiento los cuerpos diversamente profundizados en los fluidos, encierren el modo de vencer los inconvenientes insinuados; sin embargo, sin necesidad de proceder á prolixas aplicaciones del cálculo, tenemos el medio de conseguir el fin propuesto ateniéndonos á los resultados de los exâctos experimentos hechos por Mr. Rommé, de los quales vamos á dar razon en los siguientes artículos; pero ántes queremos copiar una reflexîon que trae Leonardo Eulero, relativa á este asunto, en su *Theorie complete de la Cons-*

truccion et de la Manoevre des Vaiseaux, edicion hecha en París en el año 1776, pag. 131.

447 „La última seccion horizontal hecha de popa á proa á nivel de la misma quilla, resulta casi una línea recta (Lam. XVI. fig. 130.); y por consiguiente no impide el que el agua llegue á la pala del timon B K segun la direccion J L, con casi toda su velocidad. No sucede otro tanto en las demas secciones horizontales imaginadas arriba de la quilla, las quales oponen en su medianía una considerable anchura ó manga que se opone á que el agua llegue á la pala del timon. Si la pala B K (Lam. XVI. fig. 129.) fuese mayor que la mitad de la manga de la seccion, el agua llegaria á lo ménos á su extremo K. Pero ordinariamente, lo ancho de la pala B K es mucho menor que la F D mitad de la anchura de las secciones horizontales. En conseqüencia variarán los impulsos que reciba la pala del timon á lo largo de B K, de parte de la corriente de las aguas; las quales obrarán de modo muy distinto en los extremos K y B, y en todos los puntos intermedios."

448 De esta reflexîon se deduce, que de todas las columnas ó corrientes de agua que corresponden á la línea vertical de la pala del timon, solo la choca con casi su entera fuerza la que corresponde á su parte inferior. El tamaño y mayor efecto de dicha columna, crecerá á medida que aumente la extension de aquella parte *c o* de la pala (Lam. XVI. fig. 131.), que se considera libre del parapeto que opone la anchura ó plan de las barengas. Los efectos de las sucesivas columnas de agua aumentarán tambien, segun la mayor astilla muerta, ó lo mas vertical de la direccion de esta parte de la barenga *o a l*. Prévia esta advertencia, pasemos á recorrer los experimentos de Mr. Romme insertos en su obra intitulada *L' art de la Marine*.

449 El autor citado llevó en sus experiencias la mira de prefixar decididamente entre las partes de la pala del timon, aquellas que reciben los mayores impulsos de las aguas, y contribuyen casi de por sí solas á los movimientos giratorios de los buques; con el fin de aumentar las dichas, y disminuir la parte de superficie supérflua en los casos ordinarios de la navegacion, y perjudicial en los malos tiempos por el efecto de los golpes de mar. Con este fin eligió Mr. Romme dos modelos distintos de navios; el uno fué el del navio Frances el Ilustre de 74 cañones, y el otro un modelo que solo se diferenciaba del citado por los mayores delgados de su parte de popa, los quales por ser extremosos podian servir, para manifestarle el térmi-

no hasta donde debian llegar los aumentos que adquieren los efectos del impulso de las aguas en la pala del timon, en virtud de los delgados de la parte de popa.

1.º Caló dichos modelos hasta una línea de agua de 19 pulgadas, y haciéndolos mover directamente por medio de un mismo peso constante que los llamaba rectamente por su proa, notó que ambos corrian sin timon un mismo espacio E en 24″. Adaptó despues á cada modelo un doble timon *a d f c* (Lam. XVI. fig. 132.) clavado al codaste por su medianía *b e q o*, de suerte que presentando igual superficie á babor y á estribor, no los desviase de su rumbo directo. Habiéndolos movido como la vez primera, caminaron el mismo espacio E en 29″, 5.

De esta experiencia se deduce en primer lugar, que los mayores delgados de popa contribuyen poco ó casi nada para el mayor efecto de la corriente de las aguas en la pala del timon; porque diferenciándose extraordinariamente en esta parte ambos modelos, no hallaron distinto obstáculo en su movimiento, supuesto que los dos corrieron el mismo espacio E en igual tiempo. En segundo lugar se concluye, que diferenciándose en tan corta cantidad el tiempo consumido en correr el mismo espacio E, con el doble timon de la Lamina XVI. fig. 132., ó sin él, ha de haber una considerable porcion de dicha superficie que se substrae del impulso de las aguas.

Otras experiencias de dicho autor hechas en botes de 15 pies de longitud calados hasta la línea de 13 pulgadas, nos conducen por sus resultados á concluir las mismas conseqüencias. Con el fin de determinar la parte útil de la pala del timon, procedió como se vá á manifestar.

2.º Dividió el doble timon *a d f c* en dos partes ó mitades *b a d e*, *o c f q*, y las colocó verticalmente á uno y otro lado de la barenga maestra en ambos modelos; y en esta colocacion en que presentaban al empuje de las aguas todo el doble timon, corrieron el espacio mismo E en 46″, 5.

Comparando este tiempo con 29″, 5 que gastaron en caminar el espacio E, teniendo colocado el doble timon á popa sobre el mismo codaste, no cabe la menor duda en que en esta disposicion de que se usa en los buques, se substrae de los impulsos del agua una gran parte de la superficie de la pala.

3.º El autor fixó por último el doble timon de la Lam. XVI. fig. 132., al codaste de un bote de 15 pies de longitud puesto en la lí-

nea de agua de 13 pulgadas, y moviéndolo como en los casos anteriores, corrió el espacio E en 24″ 5. Despues de todo esto le quitó al doble timon toda la parte superior A B *a c*, y lo dexó con la sola parte A B *f d*, en los términos que indica la Lam. XVI. fig. 133.; de suerte que la base *d f* quedaba á nivel con la parte inferior de la quilla. En semejante colocacion y diminucion de superficie, el bote corrió el espacio E en 24″: quiere decir casi en el propio tiempo que quando tenia toda la superficie *a c f d* de la Lam. XVI. fig. 132. No contento con esto dividió en dos mitades la corta superficie de la Lamina XVI. fig. 133., y colocando verticalmente á babor y estribor de la barenga maestra las partes A M *e d*, B N *q f*, de suerte que sus bases inferiores quedasen á nivel de la quilla, corrió el bote el espacio E en 25″.

De estos últimos experimentos se deduce sin el menor viso de contrariedad, que de toda la superficie de la pala del timon, solo recibe los impulsos del agua una corta parte inferior poco diferente de la B N *q f*. Segun concluye Mr. Romme, la extension de la parte superflua del timon viene á componer, quando ménos, la tercera parte de su superficie. Esta parte inútil podia suprimirse sin que resultasen alteradas las propiedades del buen gobierno de los buques, los quales lograrian por este medio otras ventajas.

450 En las ocasiones de mucha mar, las extraordinarias masas de agua que chocan la pala del timon, exercen contra ella esfuerzos proporcionados á la mayor superficie que encuentran. Estas excesivas percusiones conmueven violentamente la pala del timon, y comunicando sus sacudidas á la caña, destruyen los esfuerzos de los timoneles, cuyo número importa aumentar para conseguir el manejo de esta máquina, que siempre resulta rudo y violento en tales circunstancias. La indicada supresion en la superficie de la pala, venceria en gran parte los obstáculos indicados, y pondria el timon á cubierto de muchas averías. Por otro lado una caña mas corta bastaria para el manejo de la pala, y en tal caso tenemos un nuevo medio para aumentar el ángulo que el timon forma con el codaste, siempre que á pesar de las reflexîones expuestas (art. 436. y 437.) queramos aproxîmarnos al ángulo de 45° que nos dá la teórica, quando no se distingue la circunstancia de la deriva.

CAPÍTULO XIII.

Del particular uso de las velas.

451 Debiendo hablar luego de las viradas, conviene que prefixemos el uso particular de cada vela para la orzada y arribada, no solo quando están dispuestas para navegar en la forma ordinaria, sino tambien en las varias disposiciones que podemos darles por medio de sus brazas, y demas cabos que contribuyen á su sujecion y manejo. Represente la Lam. XVI. fig. 134. un navio, que con el viento V D navega con todo aparejo amurado por estribor; y sea C su centro de gravedad. La fuerza del viento perpendicular á cada vela, como la M P en la L Q, se descompone en la M J, que hace caminar al barco directamente ó en el sentido de popa á proa, y en la M R, que lo impele lateralmente y contribuye á hacerlo girar de estribor á babor ó al contrario, con un momento que se expresa por dicha fuerza lateral M R, multiplicada por la distancia C M del centro de gravedad á que obra. En virtud de esto tendremos que en la disposicion dada á las velas en la Lam. XVI. fig. 134, todas las que están dispuestas desde el centro de gravedad C hácia la proa A, contribuirán á la arribada; y las comprehendidas desde el mismo punto C para popa, servirán para la orzada. Las velas de estay mayor y de gávia, y otras que puedan disponerse entre el palo mayor y el trinquete, procuran la arribada con un momento, proporcionado al producto de su fuerza lateral multiplicada por su distancia al punto C. Como el trinquete y todas las demas velas redondas de dicho palo y masteleros, están situadas mas á proa que los mencionados estays, se sigue que, aun en igualdad de superficie, facilitarán con mas ventaja el movimiento giratorio de que hablamos. Lo mismo se debe entender en la comparacion que se haga de las velas del palo de trinquete con las del baupres; y á esto se debe atribuir lo mucho que facilitan la arribada de un buque las velas de contrafoque y foque. Del mismo modo, todas las velas dispuestas desde el centro de gravedad C para popa contribuyen á la orzada; y en igualdad de superficie, contribuyen mas las del palo y verga de mesana, que las del mayor.

452 El palo mayor se sitúa ordinariamente cerca del centro de gravedad del buque; y si en la bodega se distribuyen irregularmente el lastre y demas pesos, en términos que no se tenga idea del lugar del centro de gravedad C, resulta el que se ignora si la vela mayor

hace oficio de vela de popa ó de proa. Tambien puede ocurrir al fin de una larga campaña en que, al consumo de comestibles y aguada de la parte de proa, se agregue un cargamento á la de popa, que se transfiera á esta última parte el punto C, y pase la vela mayor á hacer las veces de vela de proa, habiéndolas hecho ántes de vela de popa. Este último caso no es comun, y siempre es menester algun tiempo para que se verifique. En conseqüencia quando repentinamente nos interese, ó mudar el destino de la vela mayor, ó suspender el momento con que contribuye á la orzada, procederemos en los términos siguientes. Désele un salto á su bolina, y arriese la escota que sujeta su puño de sotavento. En virtud de esto, toda la relinga y parte de barlovento de la vela se substraerá de los impulsos del viento; la de sotavento al contrario sufrirá mayor impulso, recibiendo el viento mas perpendicular, y acaso su direccion puede pasar á la parte de proa del centro de gravedad C, y contribuir á la arribada.

453 El uso de las velas de proa y de popa, no se limita al que les hemos dado hasta aquí, y en muchas circunstancias se les puede hacer producir efectos del todo contrarios. Supongamos que navegando con un viento largo como el que indica V M en la Lam. XVII. fig. 135., se quiera que la vela de trinquete contribuya á la orzada. Braceese su verga por barlovento en los términos que indica la figura, y tendremos que á causa de caer la fuerza perpendicular M P á la parte de estribor de la quilla B A, la fuerza lateral M L hace los efectos de una potencia que llama la proa A para barlovento. Si en vez de ser el viento largo, y recibirlo la vela para navegar en la forma ordinaria como en la Lam. XVII. fig. 135, fuese de proa, y diese en facha contra la vela como en la Lam. XVII. fig. 136, la fuerza M P, perpendicular á la dicha, cae á la parte de babor de la quilla B A, y la fuerza lateral M L sirve para la arribada. El viento obra con mas ventaja para el movimiento giratorio contra una vela dispuesta en facha; y conseqüente á esto se acostumbra á bordo, en un viento de proa, disponer el trinquete y velacho en los términos de la Lam. XVII. fig. 136. para favorecer la arribada. Si en el caso de ser el viento de proa, interesa hacer de modo que el trinquete contribuya á orzar, en vez de bracear la vela por la parte de barlovento como en la Lam. XVII. fig. 136., se dexa braceado por sotavento como en la Lam. XVII. fig. 137., y en tal caso la fuerza lateral M L sirve para el fin propuesto. Esta circunstancia se verifica cabalmente en la virada por avante: siendo el viento de estribor co-

mo en la Lam. XVII. fig. 137, se dexa el aparejo de proa braceado por babor ó sotavento; el buque sigue orzando, y llega el caso en que el viento dá en facha contra las velas en los términos que indica dicha figura, y como quando esto se verifica el navio ha hecho una gran parte de su giro resulta que, recibiendo en esta posicion nuevas potencias como la M L para seguir girando, rara vez dexa de verificarse la virada en un buque que llegó á este término. Lo mismo que hemos dicho de las velas de proa, debe entenderse de las de popa; y así la sobremesana E F (Lam. XVII. fig. 138.) que en su disposicion ordinaria sirve para orzar, contribuye á la arribada disponiéndola en los términos de dicha figura.

CAPÍTULO XIV.

De las viradas: y primero de la virada por avante.

454 Lo que con mas freqüencia ocurre al marinero es el cambiar el curso del baxel; este cambio ó alteracion de rumbo puede ser extraordinariamente vario, segun los distintos puntos del horizonte adonde pretenda dirigirse de nuevo. Aquí trataremos principalmente de un cambio tal de rumbo que nos obligue á cambiar el aparejo. De esta especie sería si navegando al N. N. E. con viento E. quisiesemos ceñirlo por el costado opuesto navegando al S. S. E. Á este cambio ó alteracion de rumbo llaman virada los marineros. Puedese conseguir esta de dos modos; ya sea llevando la proa á barlovento hasta recibir el viento directamente por la dicha, y dexándose caer hasta orientar las velas por la parte opuesta, ó ya dexándose arribar hasta recibir el viento en popa, siguiendo con el propio movimiento hasta tomar el viento por el costado opuesto. Al primer modo de virar llaman los marineros por avante, y á este último por redondo. Hablaremos primero de la virada por avante, y omitiendo el material uso de las voces y la general práctica de que se usa en esta maniobra, expondremos las reflexîones mecánicas que naturalmente se presentan, y de cuyo perfecto conocimiento puede sacar utilidad el maniobrista, renunciando á una práctica que sin distincion suele aplicarse á todos los casos.

455 Quando un navio con cierto número de velas largas sigue el rumbo propuesto sin necesidad del uso del timon, es señal que entre los esfuerzos de las tales velas y las resistencias de proa y la-

terales está establecido un perfecto equilibrio. Por consiguiente es claro que no podrá largarse ó recogerse vela alguna sin perjuicio de dicho equilibrio, lo qual retardará la primitiva velocidad de su marcha. Sentado este como axîoma de nuestro asunto, consideremos los agentes que sirven para hacer orzar el navio: esto es, los que contribuyen á hacerlo girar sobre su centro de gravedad llevando su proa á barlovento y su popa á la parte opuesta.

456 En la anterior advertencia del uso de las velas (art. 451.) hemos sentado, que todas aquellas que están dispuestas para navegar directamente desde el centro de gravedad para proa, se oponen á la orzada con proporcion á la fuerza lateral que sobre ellas se exerce, y á la distancia horizontal del punto de reunion de sus esfuerzos al centro de gravedad del barco. Por consiguiente en igualdad de las otras circunstancias, quanto mayor fuere una vela y quanto mas á proa esté dispuesta, tanto mas se opondrá á que el navio orze ó tome de lo. En virtud de esto tenemos, que si á una embarcacion que navega oportunamente por medio del equilibrio establecido entre sus velas colocadas á popa y proa del centro de gravedad, si á esta embarcacion, digo, le ponemos de repente flameando todo el aparejo de proa, de modo que el viento no exerza esfuerzo alguno en dicha parte, la embarcacion partirá inmediatamente para barlovento. En efecto las velas de la parte de popa, cuyo efecto no está alterado, contribuyen á la orzada; y como suprimimos el de las de proa que se oponia á dicho movimiento, se sigue que este último tendrá lugar. Luego la supresion de las velas de la parte de proa del centro de gravedad, y el mareo de las de popa, será uno de los medios que podremos usar para la virada por avante.

457 El timon, cuyos efectos acabamos de considerar, es el otro agente poderoso para dar al navio el movimiento giratorio de que hablamos. Su pala A E (Lam. XVII. fig. 139.) puesta á barlovento, y formando el ventajoso ángulo E A D de 30° que permite la práctica, choca al fluido en la direccion L S de su movimiento; y la resistencia S L opuesta que experimenta, hace girar al navio sobre C, en los términos que representa la figura: esto es, llevando su proa hácia el orígen del viento.

458 Supuesto que conocemos ya los dos agentes que contribuyen á la orzada: es á saber, las velas y el timon, pasemos á usar de ambos medios á la vez, y alternativamente, á fin de concluir el modo mas propio para conseguir la virada segun las circunstancias.

Navegando de bolina, supongamos que se quiera virar por avante empleando á un tiempo y como de golpe los dos agentes del timon y las velas. No nos pararemos en los inconvenientes que ofrece la execucion para conseguir esta uniformidad de agentes, y solo consideraremos los efectos que de su perfecta práctica resultarian para el fin de la virada.

Con este objeto demos por sentado en la Lam. XVII. fig. 139., que al propio tiempo que se dispuso la pala del timon para orzar, se largaron todas las velas posibles de popa, y se suprimieron todas las de proa del centro de gravedad. En la instantánea execucion de estas tres disposiciones, el navio ha recibido un repentino pero fuerte impulso para orzar. En primer lugar el momento de todas las velas de popa, no contrarrestado en modo alguno por las de proa, habrá dado á esta última parte del buque un violento empuje para barlovento. En segundo la resistencia de las aguas contra la pala del timon, habrá contribuido poderosamente al propio fin. Así la embarcacion habrá principiado con mucha velocidad su movimiento giratorio; pero si estos acelerados impulsos sucesivos no han sido suficientes para colocar la proa en la direccion del viento, y acaso hacerla propasar asegurando la virada, esta faltará probablemente.

459 En efecto, por la supresion de las velas de proa hemos alterado el equilibrio con que navegabamos, suspendiendo la comunicacion contínua de velocidad que resultaba ántes al navio; por consiguiente éste camina con lentitud, y la pala del timon recibe cortos empujes por parte de las aguas; pero estos empujes quedan casi enteramente destruidos por otra razon. Forme la pala A E (Lam. XVII. fig. 139.) un ángulo de 30° con la prolongacion A D de la quilla: esto es, sea $EAD = 30°$. Supongamos que en virtud del movimiento giratorio que hemos dado al buque, haya tomado éste la situacion $a\,b$, siendo b C B tambien de 30°. La pala del timon $e\,a$, es ahora paralela á la direccion A B con que se navegaba ántes de girar. Como todo el movimiento nuevo que hemos procurado al barco ha sido giratorio, este no ha alterado en modo alguno el primitivo A B que tenia el cuerpo (art. 364.); y así durante el tiempo de esta virada, el centro de gravedad C sigue abanzando, aquello poco ó mucho que abanza, segun la primitiva línea C B; luego el timon $e\,a$ choca al fluido paralelamente á A B: quiere decir, paralelamente á sí mismo y por consiguiente sin efecto alguno.

Esto es lo que rigurosamente tendria lugar, si lo largo del costado *a b* se moviese segun la C B en un medio enteramente raro; pero como el del agua es resistente, resulta que hallando dificultad en romper el fluido á lo largo de *a b*, la fuerza de las resistencias que actua de B para C, segun una direccion obliqua, debe descomponerse en dos; la una perpendicular al costado *a b*, y la otra paralela al mismo. En virtud de esta última fuerza, el navio hará algun camino de *a* para *b*, segun el nuevo punto del horizonte *b* adonde dirige su proa; y por consiguiente la pala del timon *e a*, experimentará aun algunas resistencias en el sentido *o q* de su movimiento, y el efecto de dicha máquina tendrá todavía lugar no solo en la posicion *a b*, quando forme el ángulo *b* C B de 30° con la primitiva direccion C B, sino hasta que dicho ángulo sea de 90°: en cuyo caso la resistencia de las aguas B C será perpendicular al costado *a b*, y no le comunicará la menor velocidad en la direccion de C *b*. No obstante toda esta advertencia se dexa conocer, que el movimiento directo del navio quando llegue á la posicion *a b* habiendo girado la cantidad de 30°, se hallará muy disminuido, y el efecto del timon se suprimirá mas y mas de cada vez.

460 Luego virando del modo dicho, en el instante que la proa ha caminado 30° para barlovento, los efectos del timon quedan muy disminuidos, y no podemos por su medio acelerar el movimiento que deseamos: debiéndonos contentar con casi los solos y primitivos que le imprimimos al principio; de suerte que si estos no bastan de por sí para asegurar la virada, como se ha dicho, esta no se consigue, faltándonos el reiterado uso de los agentes que contribuyen á su logro.

Concluiremos en virtud de esta reflexîon, que el modo expuesto de virar por avante suprimiendo el aparejo de proa al tiempo mismo que nos valemos del timon, no podrá tener efecto, quando ó por lo floxo del viento, ó por otra razon, fuese muy corta la velocidad del navio. La circunstancia en que acaso la virada podria verificarse en la forma dicha, sería en la de caminar el buque con mucha velocidad siendo el viento muy fresco; porque entónces á mas de lo que la inclinacion del barco y la notable curvidad de las velas contribuirian á orzar, se añadiria lo mas fuerte del impulso de las aguas contra la pala del timon, supuesto lo mas veloz de su movimiento. Pero cabalmente en esta misma circunstancia es quando no debe intentarse la virada por avante, ó á lo ménos quando si se intenta, de-

be procederse con mucho tiento por las razones que se acordarán ántes de terminar este capítulo. *

Hasta aquí hemos intentado la virada usando á un propio tiempo del timon y de las velas; ahora nos serviremos sucesivamente de dichos agentes, y exâminaremos como en el caso anterior las ventajas y desventajas que de ello nos resulten.

461 Supongamos que primeramente se suspenda el uso de todas las velas de proa, cuidando cazar la mesana y servirse ventajosamente de todas las de popa, y que no se haga uso del timon hasta que practicada dicha diligencia el navio tome de lo. Segun esto, no hay duda en que la proa del barco caminará para barlovento, habiendo dexado y aun aumentado el esfuerzo de las velas de popa que contribuyen á dicho movimiento, y suprimido el de las de proa que deben contrarrestarlo. Pero por poco que se reflexîone se observará que, á causa de la supresion de las velas de proa, el navio no recibe nueva velocidad; y su centro de gravedad C solo sigue avanzando segun la primitiva direccion A B (Lam. XVII. fig. 139.), en virtud de la velocidad que tenia al comenzar la maniobra; por consiguiente el barco al tiempo de girar camina con lentitud segun la A B, y así el timon romperá las aguas con corto esfuerzo, contribuyendo poco para el efecto. Si por casualidad quando llegamos á servirnos del timon, la proa B se ha transferido al punto b, habiendo caminado ya 30° para barlovento, resulta que la pala, como diximos anteriormente, produce efectos muy cortos.

462 Luego el dicho modo de virar tendrá los mismos inconvenientes que el del art. 458., y ademas el de no habernos podido valer del poderoso agente del timon al principio de la maniobra. Por consiguiente el suprimir primero las velas de proa sirviéndonos sucesivamente del timon, es el modo de inutilizar este último, y de reducirnos casi al solo agente de las velas.

463 Pasemos ahora á intentar la virada empleando primero el timon, y suprimiendo como por cortos grados los efectos de las velas de proa. Como quando nos servimos del timon lleva el barco toda la posible velocidad en su derrota, el empuje de las aguas contra la pala obra con toda fuerza, y empleamos dicho agente con toda la ventaja posible al principio de la faena. Ademas como no hemos

* Como virando del modo insinuado suspendemos la marcha del baxel durante la evolucion, será conveniente esta práctica en las circunstancias de hallarnos próxîmos á un baxo, á un navio, ú otro qualquiera riesgo que pretendemos evitar.

suprimido de repente las velas de proa, resulta que no se destruye del todo el equilibrio entre estas y las de popa, y por decontado el buque, en medio de su movimiento giratorio, recibe hasta cierto punto nuevas velocidades, en direccion de los nuevos puntos adonde se dirige durante la evolucion: esto es, que quando por haber girado 30°, en la Lam. XVII. fig. 139., se halla su proa en *b*, sigue caminando segun la *a b*; y así la pala *a e* no choca al fluido segun la *e a* paralelamente á sí misma, sino segun la *o q* paralela al nuevo rumbo directo que sigue la nave.

464 De este modo de virar resulta, que ademas de haber empleado el timon con la posible ventaja al principio de la maniobra, podemos servirnos de él en lo restante del tiempo necesario para concluirla, logrando comunicar al barco nuevos y sucesivos empujes en el sentido que se pretende, cuya necesaria reiteracion de agentes nos facilitará la evolucion, que acaso no conseguiriamos con solos los primeros efectos.

465 En el discurso de la virada por avante, la proa de la embarcacion se opone directamente al viento, y este da en facha contra las velas; en semejante estado la fuerza directa de estas impele al navio de proa para popa haciéndolo retroceder, siempre que la velocidad primitiva opuesta no contrarreste este último esfuerzo. Por tanto será muy comun el que el navio retroceda; y en semejante caso convendrá cambiar el timon, pues su primitiva colocacion favorable para orzar quando el navio va para avante, es contraria quando retrocede. En el primer modo de virar (art. 458.) hemos hecho ver, que el barco durante su movimiento giratorio no adquiere mucha velocidad en el nuevo sentido de su proa: esto es que, en la Lam. XVII. fig. 139., quando toma la direccion *a b*, ú otra mas próxîma al viento, hace poco camino en el sentido *a b*. Por consiguiente al tiempo de llegar el viento á fil de roda, ó de dar en facha contra las velas, el buque debe retroceder; y así será bastante general en dicho modo de virar la necesidad de cambiar entónces el timon.

466 En este último modo de virar (art. 463.), puede el buque conservar suficiente movimiento para avante, ó de popa para proa, y la fuerza con que las velas en facha hacen retroceder el barco, será acaso contrarrestada por la que el dicho conserva en direccion opuesta. Por consiguiente convendrá dexar el timon como estaba ántes de llegar al filo del viento, en las mas circunstancias.

467 Para que el timon destruya el equilibrio establecido entre

las velas de popa y proa con que se navega, y llame la proa á barlovento, importa que el buque lleve suficiente velocidad. Por consiguiente si el navio ciñese en términos de llevar su aparejo casi tocando, su movimiento sería muy corto, y el efecto del timon resultaria despreciable en semejante circunstancia. Atendiendo á esto mismo se debe llevar el barco en buena vela ántes de la virada. Á la verdad la práctica de navegar muy ceñidos, ó de *bolina muy agarrochada*, llevando el aparejo poco ménos que flameando, no puede convenir para el fin de ganar mucho á barlovento quando urja montar una punta, salir de una ensenada, ó luchar contra los esfuerzos de una corriente; ni en el caso de dar una caza estando á sotavento, ó de huir hallándose á barlovento, en ocasion que convenga mantener esta ventaja. En suma, con el aparejo tocando no se hace diligencia, y el barco resulta una boya entregada al arbitrio de las olas y corrientes. Á vista de esto, parece que debe resultar superflua la prevencion de arribar un poco ántes de la virada por avante, supuesto que en casi todos los casos de la navegacion ordinaria, se debe observar la máxîma de llevar el barco en buena vela.

Sin embargo, para mantener el lugar prefixado navegando en esquadra, suele convenirle á un navio muy velero el ir dando varias guiñadas, ó llevar casi flameando sus velas. Tambien puede suceder en una repentina fugada de viento, que á causa de tener otro barco, ó un riesgo qualquiera muy inmediato á la parte de sotavento, interese salvar los palos, velamen y casco mismo del buque, manteniéndose sumamente orzados, y frustrar la violencia del viento, disminuyendo el ángulo de su incidencia con las velas. Si en qualquiera de estas circunstancias interesa el virar por avante, importa dar alguna velocidad al buque, arribando una, ó una y media quarta, segun lo mas ó ménos ceñido que se navegue; y en el caso de ceñir cómodamente el navio en seis quartas, se pondrá la proa á las 6 y $\frac{1}{2}$: cuyo ángulo puede prefixarse por el preciso para navegar en buena vela. Si se arriba demasiado es menester atender que, aunque el efecto del timon resulte mayor al meterlo de orza, es tambien mayor el arco que ha de describir la proa para aproxîmarse hácia el orígen del viento: oigamos en el particular lo que por medio de sus conocimientos teóricos y consumada práctica, nos previene Mr. Bourdé en su libro intitulado *Le Manoeuvrier*.

468 „Si un buque está muy arribado, tarda mucho mas tiempo en ceñir el viento; por lo tanto las arribadas que se practican ántes

de la virada, son perjudiciales é inutiles para la èvolucion, puesto que la retardan. Yo no hubiera hablado de esta práctica, á no haber observado que muchos marinos que la practican por costumbre, han dexado de conseguir la virada que hubieran efectuado, á no concurrir la circunstancia de largar las escotas de los foques y demas velas de cuchilla: si se mantienen cazadas dichas velas, una arribada excesiva solo causa el retardo de la evolucion; pero si como muchos acostumbran, y es conveniente en particulares casos, se largan las escotas de dichas velas y la del trinquete, conviene tener mucho cuidado en no arribar extraordinariamente; porque disminuyéndose la velocidad del buque á medida que viene de lo, el timon no obra con la fuerza suficiente para hacerle superar el punto crítico en que todo el velamen queda flameando."

469 Por la misma razon que importa dar algun andar al buque ántes de la virada, interesa tambien el que no se emprenda en ocasion de ir dando guiñadas.

470 Para manifestar el servicio particular del timon y de cada vela de por sí en el discurso de la virada por avante, fundaremos nuestras reflexîones sobre lo que generalmente puede observarse en la execucion de dicha maniobra emprendida con casi toda la vela, con el fin de ganar el posible barlovento durante la evolucion. El exemplo de que vamos á hacer uso es el mismo que trae Mr. Bourdé en su obra citada en el artículo anterior.

Para executar bien dicha maniobra conviene que el navio no dé guiñadas, ni esté arribado ú orzado con exceso; porque ambos extremos perjudican, como acabamos de ver, al fin propuesto: asegurados de este preciso momento, se caza la mesana, sino lo estaba, y se mete el timon de lo pasando su caña á sotavento; al propio tiempo se hala quanto es dable del burro de sotavento de la mesana, con el fin de presentar la superficie de dicha vela al viento con la posible ventaja. Quando el navio ha llegado ya á orzar en términos que tocan ó flamean sus velas mayores, se largan las escotas de los foques y de las velas de estay de la parte de proa del centro de gravedad. En el momento en que comienza el viento á dar en facha sobre las velas, y particularmente sobre la sobremesana, se cambia brevemente esta última, disponiéndola de bolina por el costado opuesto; y al paso que esto se executa, se suspende la amura mayor. Al estar el viento próxîmamente á fil de roda, se cambia el aparejo de en medio disponiéndolo de bolina, y amurando la mayor por el costado

opuesto; al propio tiempo se cambian los foques y velas de estay, y se pone el timon á la via si acaso está el navio parado, y aun en la circunstancia de hacer algun camino. Luego que el viento abre como unos 45° por el costado en que deben quedar amuradas las velas, se cambian todas las del palo de trinquete orientándolas con toda la brevedad posible. Si el navio viene para atras, y se desconfia aun del exîto de la virada, debe colocarse inversamente la caña del timon, á fin que contribuya para aumentar la arribada durante el retroceso. En virtud de todo lo practicado, el buque puede dirigir su proa al rumbo conveniente de la nueva vuelta, poniendo en exercicio las velas necesarias.

471 Se caza la mesana con el fin de auxîliar los efectos del timon; porque ambos agentes, en virtud de las disposiciones dadas, trabajan de mancomun para abatir la popa á sotavento, y llamar la proa á barlovento. El timon contribuye al mencionado movimiento miéntras el barco conserva alguna velocidad para avante, y la mesana efectua lo propio miéntras se conserva en viento, lo qual se verifica hasta que las demas velas se lo quitan. Por consiguiente el momento en que la mesana queda flameando nos indica, que el viento da en facha contra las demas velas; y en esta circunstancia se puede dar ya como segura la virada, porque las velas del palo de trinquete se hallan dispuestas á la cabeza del buque, en términos de contribuir vigorosamente para la caida, en virtud de su fuerza lateral (art. 453).

Se espera á que las velas mayores comiencen á flamear, para largar las escotas de los foques y velas de estay de la parte de proa del centro de gravedad; porque hasta este momento, han contribuido con todas las otras al movimiento del navio, cuya velocidad importa mantener para aumentar los efectos del timon. Desde el instante en que todas las velas redondas, y por consiguiente las de popa comienzan á flamear, solamente reciben los esfuerzos del viento las citadas velas de cuchilla, y hallándose á la parte de proa, casi todo su efecto es contrario á la orzada, y se hace preciso suprimirlo. La mesana, como otra qualquiera dispuesta á la parte de popa del centro de gravedad, se debe conservar en viento todo el tiempo posible; porque contribuye al movimiento giratorio auxîliando los efectos del timon.

„La experiencia me ha manifestado, dice Mr. Bourdé, que siempre que se larguen las escotas de las velas de cuchilla quando las de-

mas velas comienzan á flamear, el navio parte al puño con mucha violencia en aquel instante; porque hasta entónces el buque camina con casi la misma velocidad que quando tenia todo su aparejo en exercicio, y los efectos del timon desmerecen muy poco de lo que eran al principiar la maniobra."

Á vista de la situacion de la verga de mesana, y del juego que puede tener entre los obenques popeses de la xarcia del palo mayor, se concluye que la disposicion dada á dicha vela es la mas propia para conseguir el impulso del viento con mas vigor, y por mas tiempo.

Se cambia la sobremesana en el momento que recibe el viento en facha, porque disponiéndose perfectamente de bolina por el costado opuesto, impele la popa á sotavento por el mismo estilo que la mesana; ademas se halla mareada como corresponde quando el navio está de la otra vuelta, y sirve para moderar la arribada siempre que sea excesiva. Si se hubiese dexado la sobremesana como estaba al principio de la faena, careceriamos de los servicios indicados, y desde el momento en que recibió el viento en facha, sus efectos nos hubieran sido contrarios impeliendo la popa á barlovento, y la proa á la parte contraria á nuestros intentos. El suspender un tanto la amura mayor al propio tiempo, es conveniente para cambiar dicha vela sin estorbo.

Se cambia el aparejo de en medio al estar el viento á fil de roda, porque, si se dilatase mas, su esfuerzo como el de las otras velas de popa dispuestas en facha por el mismo costado que las de proa, contrarrestaria el efecto de estas últimas. Siguiendo esta misma reflexîon parece que el aparejo de en medio, por el mismo estilo que la sobremesana, debe cambiarse desde el instante que recibe el viento en facha; maniobrando así se consigue en efecto, el que las velas del palo mayor impelan la popa á sotavento y aceleren la evolucion, combinándose con las velas de proa. En conseqüencia se debe observar esta última advertencia, siempre que el navio deba completar su giro por solo el efecto lateral de sus velas á causa de hallarse parado. Pero si al dar el viento en facha contra las velas de en medio, conserva el buque suficiente velocidad para completar la evolucion sin el pronto auxîlio del aparejo del palo mayor, convendrá no cambiar este último hasta el punto de tener el viento á fil de roda, y considerar las mencionadas velas al abrigo de las de proa; tanto por la facilidad de la faena, como con la mira de disminuir ménos el mo-

vimiento directo del buque, y no perder tanto barlovento.

Se cambian al mismo tiempo los foques y velas de estay, porque si se practicase ántes de estar el barco decididamente de arribada, admitirian aun el viento, y se opondrian á su caida.

Se dispone el timon á la via si acaso el navio está parado, porque si se conservase como ántes, su posicion es contraria al giro en el caso del retroceso. Por una razon semejante se cambia la caña del timon al nuevo costado de sotavento caso que el navio retroceda, para que auxîlie la arribada. Las velas de popa mareadas ya de la otra vuelta sirven para moderar la arribada, recibiendo el viento con un mayor ángulo de incidencia segun lo mas que se arriba. Con igual objeto se procura cambiar brevemente el aparejo del palo de trinquete, porque desde el instante que llega á estar flameando y se substrae de la facha, cesa de contribuir á la arribada.

472 Quando por ser floxo el viento, ó por otra causa, el navio camina con mucha lentitud, es pequeño el esfuerzo de las aguas contra el timon; y como este esfuerzo disminuye segun se va virando, resulta por este motivo inasequible la virada por avante; tambien los golpes de mar se oponen comunmente á dicha maniobra. Por lo general las olas vienen en la direccion del viento, y como para virar por avante importa que la proa camine hácia su orígen, resulta que las olas la empujan de barlovento á sotavento impidiéndole la orzada, y destruyendo los efectos del timon. En virtud de lo qual se ve que no se logrará virar por avante quando el viento es poco y la mar mucha.

473 Á vista de las causas contrarias á la virada por avante, es fácil colegir las mas favorables para conseguirla. Quando el viento es violento el navio camina con mucha velocidad, y la resistencia de las aguas contra el timon obra con suma fuerza para el movimiento giratorio; ademas segun es mayor el viento, crece la curvidad de las velas, lo qual favorece como se ha visto (art. 407.) la orzada; tambien el barco se inclina extraordinariamente quando el viento es fuerte, y observamos (art. 408.) que esta inclinacion disponia el navio á tomar de lo. Por consiguiente quando el viento es fuerte y el navio camina con suma velocidad, si la mar no es mucha, será dificil que no se logre el virar por avante siempre que se intente. Pero cabalmente en esta circunstancia del mucho viento tan favorable al movimiento de que hablamos, es quando ménos debe practicarse. 1.° Como la propension del navio para orzar es tan violenta en el caso di-

cho, puede recelarse que en vez de partir gradualmente para barlovento, parta de golpe, propasando la línea del viento, y recibiendo el dicho perpendicularmente contra las velas: cuyo acaecimiento es el de tomar por la alua del qual apuntamos los riesgos en el capítulo de la estabilidad.

2.° Tambien se debe temer el desarbolo de los masteleros al tiempo de tener el viento sobre las velas; porque las velas en facha obran con mucha mas fuerza sobre aquellos; pero este riesgo aumenta por el violento efecto de la fuerza de percusion, de la qual hablamos en el art. 352., y la que se verifica en el choque de la verga contra el palo al tiempo dicho. De modo que si ántes de virar navegando directamente era tanto el viento y el arqueo de los masteleros, que nos hacian recelar acerca de su aguante, puede tenerse evidencia de que se desarbolará si se intenta la tal virada.

De todo lo dicho se colige la necesidad de efectuar por otro medio el cambio de rumbo; de éste hablaremos en el capítulo siguiente; y ántes de acabar éste, apuntaremos los medios que el maniobrista puede poner en obra para conseguir la virada por avante, en el caso de dificultarsela la lentitud de la marcha del buque, ó la mucha mar, y quando á pesar de estos inconvenientes, como por un alarde del arte, quiera conseguirla.

474 En el art. 408. vimos que la inclinacion del navio contribuia á que este orzase ó partiese al puño; luego los medios que contribuyan á inclinarlo servirán tambien para el efecto de la virada. Sabemos que en igualdad de circunstancias el barco tumba mas segun la mayor cantidad de velas de que hace uso, y segun lo mas elevadas que están dichas velas; en virtud de cuya sola consideracion deberá el marinero largar ántes de la virada toda la vela posible, y singularmente las mas altas, izando las gávias á reclamar, y largando juanetes y periquitos. Vimos tambien que el barco tumba mas, segun lo mas alixado que está; luego la menor cantidad de lastre puede favorecer la consabida maniobra. Tambien la mayor elevacion del centro de gravedad contribuye á inclinar el navio; y como trasladando sobre la línea de agua los pesos que estaban baxo, elevamos dicho centro, resulta que transfiriendo á las cubiertas de entrepuentes, combes, alcazar y castillo, lingotes ú otra carga que estaba en la bodega ó sollado, facilitaremos la virada. Todos estos medios indicados conducen al fin propuesto, á causa de la mayor inclinación que procuran al navio; ademas de estos tenemos aun otros,

recorrien do todas las disposiciones que facilitan la orzada; entre estas se debe contar la translacion del centro de gravedad mas á proa de lo que estaba, como se indicó en el art. 418. Luego tambien para facilitar dicha maniobra de virar por avante, convendrá pasar lo mas á proa que sea posible lingotes ú otra carga; para el propio fin podrá emplearse la tripulacion, haciendo agolpar en la proa el mayor número de gente que se pueda sin perjuicio de la faena. En el propio capítulo últimamente citado (art. 408.) observamos, que el centro de las velas que suponiamos residir en D (Lam. XV. fig. 119. y 120.) se transferia á K; este aumento de D K pende principalmente de la mayor curvidad de las velas, y la dicha de la violencia del viento; pero en igualdad de circunstancias, D K aumentará segun los masteleros y palos se inclinen mas á sotavento; y esta inclinacion podemos aumentarla arriando la xarcia de barlovento, y tesando la de su parte opuesta. Luego tambien por este proceder facilitaremos la orzada.

En virtud de la disposicion dada á la vela de trinquete en la Lam. XVII. fig. 135., el navio orzará siendo el viento V M (art. 453.), pero si la vela ó verga queda dispuesta en los mismos términos, y por el movimiento de orzada llega á recibir el viento en facha como en la Lam. XVII. fig. 136., el navio arribará. Si despues de haber orzado en virtud de la disposicion dada á la verga en la Lam. XVII. fig. 135., se bracea la verga inversamente como en la fig. 137., quando el viento le dé en facha el navio seguirá orzando. Por consiguiente el mismo aparejo de trinquete puede disponerse de modo que, con un viento largo V M (Lam. XVII. fig. 135.), contribuya á la orzada y virada por avante al principio y fin de la maniobra. En conseqüencia convendrá tal vez, al principio de la evolucion siendo el viento largo, bracear y cazar por barlovento las velas redondas de proa de modo que contribuyan á orzar como en la Lam. XVII. fig. 135.; y en el instante que flameen sus relingas, mantenerlas flameando braceándolas y cazándolas poco á poco por la parte opuesta, hasta que sus vergas pasen la posicion de estar en cruz y se dispongan en los términos de la Lam. XVII. fig. 137. De esta forma habrán llamado la proa para barlovento al principio, causarán el propio efecto al fin, y no lo estorvarán al medio de la maniobra.

475 Aunque todos estos recursos expuestos parece que contribuyen al logro de la virada por avante, en quanto dan al navio mayor disposicion para orzar, no obstante como para conseguir la vi-

rada importa que el buque lleve toda la posible velocidad, puede suceder muy bien que las causas que lo inclinan disminuyan lo veloz de su movimiento, y que así perdamos por un lado lo que ganamos por otro. * Por exemplo el largar toda la vela posible y singularmente las mas elevadas, hemos sentado que contribuia á orzar, á causa de la mayor inclinacion que daba al barco. Es bien notorio, como adelante veremos, que para cada viento y disposicion del centro de gravedad, le corresponde á un barco el uso de determinadas velas para conseguir su mayor andar; y por consiguiente la indiscreta adicion de aquellas, alterará el equilibrio que debe reynar entre todas retardando su marcha; por cuyo motivo las aguas exercerán contra el timon débiles resistencias, que acaso no podrán darle los esfuerzos necesarios para conseguir la virada. De aquí resulta quan fácil es el que un maniobrista incurra en contrariedades, usando indiscretamente de ciertas ventajas, con perjuicio de otras que conducen al mismo fin. La constante práctica auxîliada de la teórica dará al marinero en su proceder aquel acierto y delicado tino, que la sola experiencia dificilmente le hubiera suministrado.

Debemos advertir ántes de acabar este capítulo, que el arriar la xarcia de barlovento, largar toda la vela alta posible, y el practicar otros medios para facilitar la orzada de un buque, debe solo entenderse practicable quando no hay mar alguna y el viento es floxo; sin que se necesiten acordar, por demasiado evidentes, los riesgos que dichas prácticas acarrearian en otras circunstancias. Ademas todo lo expuesto en el penúltimo artículo, ha sido mas bien con el fin de reunir las causas que facilitan la orzada, que con el objeto de creer practicable todo lo dicho en la execucion.

De la virada por redondo.

476 Para virar por redondo se arriba hasta recibir el viento directamente por la popa, y se sigue el movimiento giratorio segun el sentido que se empezó, hasta situar la proa en la direccion que se pretende. Reflexîonando como en la virada por avante concluiremos, que las velas y el timon son los dos agentes aptos para conseguir el

* Tambien las varias construcciones de los buques, y las distintas reglas que se siguen en la colocacion de sus palos y arreglo de la estiva, ofrecen algunas particularidades en la práctica general de las viradas; y en uno de nuestros xaveques importaba generalmente arriarle algo el velacho para facilitarle el que tomase por avante. A esto mismo debe referirse la práctica que en determinados casos tienen algunos de dar un salto al puño de barlovento del trinquete.

fin propuesto. Respecto á las velas sabemos, que todas las que están colocadas á la parte de proa del centro de gravedad del buque sirven para arribar, y todas las dispuestas á la de popa contrarrestan dicho movimiento. Por consiguiente el uso de toda la posible vela de proa, y la supresion de toda la de popa, será uno de los medios á propósito para conseguir la virada por redondo. En quanto al timon nos consta igualmente su uso para hacer arribar el navio. Supuesto esto, pasemos ahora á servirnos á un tiempo mismo de los dos agentes mencionados, á saber, del timon y las velas.

477 Navegue un navio de bolina por exemplo. Pasese la pala del timon á sotavento, y en el propio instante carguese la mesana, y braceense al filo todas las velas que están á popa del centro de gravedad, dexando bien orientadas todas las de la parte de proa; en la instantánea execucion de estas tres disposiciones, el navio ha recibido un repentino y violento empuje para arribar y colocarse viento en popa. 1.° La resistencia de las aguas contra la pala del timon ha obrado con fuerte momento para dar al buque el movimiento giratorio de que hablamos. 2.° En virtud de la supresion de las velas de popa que se oponen á la arribada, y del mareo de todas las posibles de proa que la favorecen, el navio debe arribar girando sobre su centro de gravedad C, en los términos que lo indica la Lam. XVII. fig. 140.

478 La práctica comun en estas viradas es de ir braceando el aparejo segun vá arribando el navio, de suerte que las velas, particularmente las de proa, quedan en cruz, quando se recibe el viento directamente por la popa. Luego segun esto el buque, al tiempo mismo que gira, sigue navegando en direccion de los nuevos puntos adonde se inclina su proa; y así la pala del timon á mas de los impulsos que recibió al principiar la maniobra, continúa recibiendo otros reiterados durante toda ella, como se echa de ver en la Lam. XVII. fig. 140., en la qual se vé que al principio de la faena quando el navio seguia el rumbo A B, la pala del timon chocaba al fluido segun la L S. Quando llega á la posicion Q C F, navega segun esta línea, y la pala P M choca las aguas segun la N R paralela al nuevo camino que hace su quilla, en los mismos términos que ántes. Lo propio se observa al llegar á la posicion *a b*, navegando entónces viento en popa. Por consiguiente si el primer impulso no fué bastante de por sí para colocar el buque viento en popa, y aun hacerlo propasar asegurando de una vez la virada, no por esto de-

xará de conseguirse; pues durante la evolucion reiteramos el uso de los agentes que contribuyen á su logro. Muy al contrario observamos que sucedia en la virada por avante.

479 Si la velocidad que lleva el navio al comenzar la maniobra fuese mucha, la resistencia de las aguas contra el timon y el esfuerzo lateral de las velas de proa, pueden contribuir á la arribada con tan fuerte momento, de suerte que en un instante el buque se ponga viento en popa, y aun se propase. Siempre que suceda así, el navio se halla brevemente dispuesto para navegar de la otra vuelta, y quanto ménos ha durado la evolucion, tanto ménos ha navegado á viento largo y á popa, y por consiguiente tanto ménos barlovento se pierde durante la virada.

480 Quando á causa del poco viento la velocidad del barco es corta, vimos que era dificil y acaso inasequible la virada por avante, no pudiendo comunicar al timon nuevos impulsos durante la maniobra. Si por una razon semejante nos vemos obligados á intentar la virada por redondo, es claro que el movimiento primitivo que damos á la proa para sotavento, usando discretamente del timon y las velas, será lento, y para acelerarlo importa que durante la faena conserve el barco suficiente velocidad, para que el timon obre sin interrupcion; á este fin conviene llevar mareada la gávia, segun que el navio vá arribando; pues aunque por este proceder se cayga mas á sotavento, la necesidad de dar á la embarcacion velocidad suficiente para que el timon obre nos obliga á practicarlo.

481 Aunque la mayor ó menor velocidad de un buque, su diversa propension para la arribada, y el distinto estado del viento y de la mar, deban servir únicamente de gobierno al maniobrista para determinar los tiempos en que debe largar las bolinas del aparejo de en medio, distinguiendo las circunstancias en que debe ó no bracearse perfectamente al filo; sin embargo vamos á recorrer en general la práctica que puede observarse en una virada emprendida con todo aparejo y viento bonancible, con el fin de fundar sobre ella nuestras reflexîones.

Se carga la mesana y el puño de sotavento de la mayor, braceando perfectamente al filo todo el aparejo del palo de mesana, y se pasa la caña del timon á barlovento. Si á pesar de todas estas disposiciones no arriba el barco en los términos que se pretende, se carga enteramente la mayor, y se bracea la gávia por barlovento hasta dexarla flameando. Puede suceder muy bien que el barco arri-

Kk

be, sin la entera supresion que acabamos de hacer del aparejo de en medio; en semejante circunstancia basta arriar las bolinas de mayor y gávia: luego que el barco vá decididamente de arribada, se sigue braceando por barlovento las dos velas dichas, teniendo cuidado que no flameen hasta el momento de estar el viento á la quadra, á cuyo tiempo deben quedar perfectamente al filo del viento la sobremesana y gávia. Entretanto se llevan claras las amuras de reves y escotas de la mayor, cuya amura se arriará en vanda quando el viento esté como á las 14 quartas. Con el aparejo de proa es menester maniobrar en términos que quede en cruz quando el viento es ya de popa. Quando el viento comienza á abrir por la parte en que deben amurarse las velas, se caza la mesana, y se dexan mareadas en viento la sobremesana y gavia, las quales como á velas de popa aceleran el nuevo movimiento de orzada; seguidamente se amura y caza la vela mayor, se bolinean las velas de popa, se caza el trinquete ya amurado, y se bolinean las velas de proa.

482 La mayor velocidad de un buque es un medio que acelera todas sus evoluciones; en conseqüencia á causa de llevar mareadas todas las velas posibles ántes de la virada de nuestro exemplo, nada queda que desear acerca del mas favorable influxo con que el empuje de las aguas, que obra en la pala del timon, contribuye á dicho movimiento; y aunque en el discurso de dicha maniobra conviniese el que el buque conservase igual ó mayor velocidad usando de todo el aparejo, sin embargo como las velas no solo sirven para caminar directamente, sino tambien para procurarle al barco los movimientos de orzada y arribada, singularmente navegando de bolina, se sigue que no podemos prescindir del efecto de todas las velas del palo de mesana, y del puño de sotavento de la mayor, las quales á causa de la mucha distancia á que están colocadas del centro de gravedad para popa, se oponen con un momento considerable al movimiento de arribada que procuramos imprimir al buque por medio del timon. En conseqüencia de esto se suprimen los efectos de dichas velas al principiar la maniobra.

Si las velas se pudiesen bracear paralelamente á la quilla, el esfuerzo del viento perpendicular á su superficie lo seria tambien á la quilla del navio, y el esfuerzo reunido de las velas de popa y proa del centro de gravedad, necesarias para mantener el equilibrio del buque en sus movimientos de orzada y arribada, solo se emplearia en moverlo lateralmente y causarle su mayor deriva (art. 559.). En el

mismo supuesto cada vela de por sí solo contribuiria para facilitar la arribada ó dificultarla, segun que obrase á proa ó á popa del centro de gravedad. En la circunstancia de ir navegando de bolina, en que suponemos emprendida la virada por redondo, es en la que las velas se hallan braceadas lo mas que es posible por sotavento, disminuyendo en quanto es dable el ángulo de sus superficies con la quilla. Por consiguiente se procura disminuir el momento con que hasta la misma gávia se opone á la arribada, y á este efecto se arrian las bolinas de las velas del palo mayor, y se van braceando poco á poco por barlovento, hasta estar el viento á la quadra, á cuyo tiempo conviene que queden flameando; porque si en semejante caso se hallasen braceadas en viento, el esfuerzo de este último siendo sobremanera mayor que quando navegando de bolina cae sobre sus superficies con un ángulo de incidencia de solas 6 ó 6 y ½ quartas, impeleria vigorosamente la popa para sotavento dificultando la virada.

Si las velas de proa subsistiesen mareadas de bolina quando el viento es ya de popa, quedarian poco ménos que flameando y expuestas á recibir el viento en facha á la menor orzada del barco; en cuyo caso lo obligarian á caer de la parte opuesta. Con el fin de evitar este accidente y de acelerar la evolucion proyectada, conservándole al buque durante ella la posible velocidad, se procura que todas las velas del palo de trinquete queden en cruz en el momento de estar el viento de popa.

Quando el viento abre por la parte en que deben amurarse las velas, todas las del palo mayor y de mesana braceadas por la parte opuesta contribuyen á llevar el navio de orza, haciéndole ceñir el viento por la parte que se pretende; para el efecto se marean todas las velas mencionadas. Como la disposicion primitiva que hemos dado á la pala del timon, influye constantemente en aumentar el movimiento giratorio de nuestro intento, resulta que subsistiendo la pala en la misma disposicion quando el viento está como á las 9 quartas por el costado en que deben amurarse las velas, contribuye á que el navio siga orzando, y podria suceder muy bien el que lo hiciese tomar por avante. Presente esto se levanta el timon, y cambiándolo si es menester al costado opuesto, se modera la nueva propension del buque en venir de lo. Atendiendo á lo mismo, si el navio parte al puño con mucha violencia, puede suspenderse algo el efecto de la mesana y demas velas de popa. Con el propio fin se puede hacer un

breve uso de los foques y velas del palo de trinquete, braceándolas por el nuevo costado de sotavento y alando sus bolinas. Si por el contrario el barco virase con lentitud y urgiese acelerar su nuevo movimiento de orzada, se mantendrá el timon en la misma disposicion que al principio de la faena; se aquartelarán perfectamente las velas de la parte de popa del centro de gravedad, y se suspenderá ó dilatará el uso de los foques y velas del palo de trinquete, para que no impidan el nuevo movimiento de orzada.

483 Segun este modo de virar por redondo de que hablamos, el navio durante la maniobra sigue abanzando en el sentido de su proa, y cayendo para sotavento, mas ó ménos, á proporcion de la cantidad de vela de que usamos durante la arribada. La cercanía de un riesgo qualquiera puede precisarnos á virar por redondo velozmente, retrocediendo quanto fuere posible durante la faena. Para este efecto se procede como sigue. Carguense la mesana y mayor, y braceense al filo la sobremesana, la gávia y todas las velas que corresponden á la parte de popa del centro de gravedad; al propio tiempo se bracean por barlovento todas las velas de proa, poniéndolas en facha, hasta que los penoles de sus vergas quedan mas inclinados para popa que en el caso de estar en cruz, á fin de que el viento cayga de lleno sobre ellas. Al mismo tiempo se arrian las escotas del foque y contrafoque.

484 En virtud de esta disposicion es claro que las velas de proa recibiendo el viento en facha en la forma expuesta, harán arribar y retroceder el navio, no siendo contrarrestadas por las de popa, cuyos efectos hemos suspendido. Quando el navio retrocede, vimos que la pala del timon debia disponerse para arribar de un modo contrario á quando camina directamente; por consiguiente durante esta maniobra se colocará la pala á barlovento. Sin embargo como el navio caminaba directamente ántes de poner sus velas en facha, no retrocederá desde el principio de la faena, y así conviene no pasar la caña del timon á sotavento, hasta que se conozca que el buque viene para atras.

485 Segun el buque va arribando, no da el viento sobre las velas de proa tan de lleno como al principio, y llega el caso en que dichas velas flamean; y como las de popa se conservan con estudio en igual disposicion, resulta que á un tiempo mismo quedan flameando todas las velas, y el buque en virtud de esto, debe ir perdiendo el movimiento de retroceso que ántes tenia; así debe llegar el caso

en que quede parado por lo que mira á los esfuerzos de las velas, que son cero en aquella ocasion. Pero la xarcia, casco, palos y vergas, presentan al viento suficiente objeto para que exerza sus esfuerzos, y en virtud de ellos adelante el buque en el sentido de su proa. Este movimiento para avante tendrá efecto, si el navio queda enteramente parado al tiempo de flamear todas las velas, y en este caso será preciso cambiar el timon para acabar la virada. El movimiento de retroceso que infundimos al navio al comenzar la maniobra puede haber sido tan fuerte, que lo conserve aun quando todas las velas flamean, y entónces convendrá dexar el timon y velas de popa como ántes. Quando el navio queda parado al tiempo de flamear todas sus velas, es señal que su movimiento de retroceso era lento, y así los impulsos que le comunicará para avante el viento que obra contra el casco, xarcia, palos y velas, serán débiles para que el timon, cambiado como se supone, pueda obrar con la fuerza necesaria para acabar la virada. Entónces es menester bracear en viento las velas de popa, á fin de que teniendo mayor velocidad el barco, obre el timon con fuerza suficiente.

En vez de ir braceando al filo las velas de la parte de popa del centro de gravedad en el modo de virar por redondo del art. 483., pueden disponerse en facha dexándolas braceadas en cruz ó perpendicularmente á la quilla; pues de este modo, sin exercer la menor fuerza lateral, aumentan los efectos del timon, contribuyendo al retroceso que le procuran al navio las velas de proa.

486 En el discurso de esta obra hemos acordado varias veces, quan arriesgado es el que un viento violento dé en facha contra las velas, tanto por el temible riesgo de tomar por la alua de que hablamos en el art. 432., como por los riesgos de desarbolar á que expone la fuerza de percusion (art. 352.) que exercen la vela y verga contra el palo. En atencion á todo lo qual, este último modo de virar por redondo poniendo en facha las velas de proa, no deberá executarse quando el viento es mucho.

487 Si al practicar la virada por redondo segun el método últimamente insinuado, se llevan largas las velas de estay, contrafoque y foque, es menester largar las escotas de todas estas velas al tiempo mismo que disponemos en facha las velas redondas de proa; porque hemos colocado el timon con atencion á que el navio retrocede; y si las velas de estay, contrafoque y otras de cuchilla van cazadas, procurarán al navio algun movimiento para avante, el qual

disminuirá aquel que le dan para atras las velas de proa braceadas como se ha dicho.

488 No es menester olvidar en quanto á la virada por redondo, que los efectos del timon, en igualdad de ángulos de su pala con la quilla, son mas poderosos para la arribada que no para la orzada de un navio, quando el abatimiento de este es considerable. Esta asercion quedó probada en el art. 439. considerando el movimiento del navio para avante. Lo propio tiene lugar quando retrocede. En efecto, siendo la direccion del viento de M para N, en la Lam. XVII. fig. 141., la pala A E está dispuesta para arribar quando el barco va para atras. Supongamos que á causa de su abatimiento, la popa siga el camino A L; resulta que la pala rompe el fluido segun la línea Q P paralela á la del movimiento A L; dicha Q P cae sobre A E formando el ángulo P Q E, que se aproxîmá mas á recto que no el O Q E, en todo el ángulo P Q O de la deriva. Todo lo contrario se advierte en la Lam. XVII. fig. 142., en la qual está la pala dispuesta para orzar en el caso de ir para atras. Por consiguiente si en la arribada, la resistencia de las aguas cae mas perpendicularmente sobre la pala del timon que no en la orzada, se sigue que quando hay deriva, el esfuerzo absoluto de las aguas contra dicha pala será mayor para el primer movimiento, que no para el segundo.

489 Recopilamos en la virada por avante los medios que contribuían á su logro, en quanto facilitaban la orzada de un navio. Por la razon inversa se debe contar con que los mismos medios, practicados al contrario, contribuyan á la virada por redondo, en quanto disponen el buque á arribar. Por consiguiente así como la traslacion de pesos á proa, y lo mas metido de esta parte dispone (art. 474.) á tomar de lo, la traslacion de pesos á popa, y lo mas boyante de la proa contribuye á arribar, &c.: véanse los art. 417 y 418. La mayor velocidad del buque es un medio que facilita generalmente todos sus movimientos.

490 En consideracion de todo lo expuesto, no se pueden ocultar á un marinero los recursos de que puede valerse, quando con vientos lentos y calmosos pretenda conseguir la virada por redondo con la posible facilidad y ligereza. Los dichos, como acabamos de insinuar, son idénticos á los prescriptos para asegurar la virada por avante, con la sola diferencia de practicarlos inversamente (art. 474). Pero ademas la disposicion del aparejo, presenta naturalmente al maniobrista otros medios que facilitan mas sus intenciones en la virada

por redondo, que en la de por avante. En efecto, quando el viento es floxo, las velas apénas toman curvidad, pudiéndose considerar planas. Esta disposicion, como vimos en la teórica de las velas art. 392., facilita la arribada, por las mismas razones que dificulta la orzada. Ademas en la virada por avante el poderoso agente del timon va disminuyendo, segun aumenta el movimiento giratorio aproxîmándose la proa á la direccion del viento. En la virada por redondo sucede al contrario, quedando á nuestro arbitrio la facultad de mantener y aun aumentar los esfuerzos del timon, procurando en la arribada mayor velocidad al navio, largando mas velas á dicho tiempo; aunque de esta práctica resulta el perjuicio de caer á sotavento.

491 Acabamos de insinuar los medios que facilitan la virada por redondo con vientos floxos y calmosos, ahora indicaremos los obstáculos que se ofrecen quando el viento es fuerte, y el modo de superarlos en semejantes circunstancias. Todos los accidentes que en semejantes casos se combinan para favorecer la virada por avante, como vimos art. 473., dificultan por la misma razon la de por redondo. En efecto, á medida de la mayor violencia del viento crece la curvidad de las velas, que trasladando el centro total de sus esfuerzos mas á popa, ó de B á D, como vimos art. 407., Lam. XV. fig. 119., es contraria á la arribada. La violencia del viento aumenta la inclinacion del navio y de los palos hácia sotavento; y conseqüentemente crece la distancia D K en la Lam. XV. fig. 119. y 120., art. 408.; lo que es tambien contrario al movimiento de que hablamos, como vimos en la figura y artículo citado. El otro accidente que nos resulta de la inclinacion del navio á causa de la que toma la pala del timon, lo insinuamos en el art. 442., donde vimos la supresion de efectos que lo dicho ocasiona en esta máquina, singularmente para el movimiento de arribada, por el empuje vertical de las aguas que suspendiendo la popa, sumerge mas la proa del barco. Todas estas dificultades exîgen los medios de superarlas con tanta mas razon, quanto son mayores los riesgos á que nos expone la dificultad de virar por redondo, á causa de no quedarnos comunmente arbitrio de conseguir la virada por otro medio en semejantes circunstancias. En efecto, quando una embarcacion con viento muy fuerte va navegando inadvertidamente contra un baxo, en términos de no poder intentar la virada por avante por recelo de un desarbolo, y de los demas accidentes indicados (art. 473.), solo tiene el recurso de la virada por redondo para libertarse del naufragio. La necesidad de recurrir

á este único medio, obliga á los marineros á poner en práctica quantas maniobras faciliten dicho movimiento; procediendo muchas veces hasta el doloroso trance de cortar los palos del buque.

492 Con el fin de ilustrar nuestras reflexîones en semejantes maniobras, las fundaremos en un hecho práctico que trae Mr. Rommé en el extracto que hace en la pag. 134. de su obra *L'art de la Marine*, de una memoria de Mr. de Roquefeuille, Teniente General de la Marina Francesa.

„Una embarcacion de bastante porte navegaba con las quatro principales, con todos los rizos tomados en las gávias; el viento era del S. E. y á la quadra sumamente fuerte, acompañado de neblina: de repente sobre una clara descubre al N. E. las rocas de casquet; para seguir su derrota debia arribar, y para el efecto cargáron la mesana, y pusieron la caña del todo á barlovento. El buque no quiso obedecer. Cargóse la vela mayor, pero en vano. Se aproxîmaban á las piedras de momento en momento, y ostigados del peligro cortáron el palo de mesana; por último resistiendo todavía el navio la arribada, fué preciso cortar tambien el palo mayor. El buque llegó á arribar rascando las piedras. Esta embarcacion como infiere Mr. de Roquefeuille, y claramente se dexa ver siendo el viento muy fuerte, deberia correr con gran velocidad llevando sus quatro principales; y por consiguiente la violencia de las aguas contra la pala del timon favoreceria mucho la arribada. Pero por desgracia quando se cargáron sus velas de popa, el buque estaba muy tumbado, y la supresion de dichas velas contribuyó á la mayor elevacion de la popa é inmersion de la proa. Si una vez cargada la mesana, dice dicho autor, se hubieran arriado las escotas y braceado las velas un poco por barlovento (lo que hubiera adrizado el barco) el dicho hubiera arribado: igualmente podian muy bien haberlo conseguido, transfiriendo á la popa los pesos de proa, y pasando la tripulacion á la parte de barlovento."

493 De todo esto se infiere la necesidad de adrizar el buque para el logro de su arribada. La tripulacion es el recurso mas propio en semejantes circunstancias como aconsejamos en el art. 418. y otros varios de nuestro tratado. En quanto á la maniobra de cortar los palos de popa, debemos advertir los auxîlios que presta para la arribada. Primeramente los palos de mayor y mesana con todas sus xarcias y aparejo, presentan mucho objeto á un viento de travesía, y toda esta ventola puesta á popa del centro de gravedad, hace el

efecto que haria una vela equivalente en dicha parte. En conseqüencia, el desprenderse de los dichos facilita el movimiento giratorio de nuestro asunto. Por otro lado cortándose los palos quando mas á raiz de la cubierta, quitamos al navio todo el peso alto correspondiente á esta arboladura, y queda mas baxo el centro de gravedad, como vimos art. 370., y por tanto debe enderezarse (art. 425. y 428).

Un reparo nos ocurre en dicha maniobra que debe ser de consideracion en semejantes casos. Hemos dicho que la mayor elevacion de la popa é inmersion de la proa, que tienen lugar en las inclinaciones ordinarias de los buques, dificultaban el movimiento de arribada; y para vencer el obstáculo por lo que pende de esta parte, conviene trasladar á popa los pesos de proa. Los dos palos de mayor y mesana gravitan sobre la parte de popa del centro de gravedad, y su supresion debe contribuir á elevar dicha parte sumergiendo la proa. Este reparo nos acuerda lo que insinuamos art. 475., acerca de lo fácil que era el que un maniobrista incurriese en contrariedades, usando de ciertas ventajas con perjuicio de otras que conducen al propio fin.

CAPÍTULO XV.

De la facha.

494 Habiendo discurrido sobre los medios de variar el curso de un baxel, se sigue naturalmente el reflexîonar acerca de los que se usan para detener en parte ó totalmente su marcha. La supresion de una vela qualquiera disminuye la anterior velocidad con que se navegaba; tambien el bracearla en facha nos procura igual fin; porque dispuesta en la forma dicha, los esfuerzos que el viento exerce contra ella impelen el buque para atras, disminuyendo la velocidad que le comunican para avante las velas restantes. Lo natural de los medios insinuados, y la facilidad con que se presenta la razon de su práctica, nos mueve á suspender nuestras reflexîones por lo que toca á este punto, parándonos solo en recorrer los diversos modos con que se suspende totalmente la marcha de un navio. Generalmente se da á esta maniobra el nombre de facha, cuya voz, atendiendo á los efectos á que se aplica, la podemos definir diciendo, que es el arte de poner las velas de tal forma, que los esfuerzos de un número de ellas destruyan los de las restantes, resultando de esta disposicion inmovil el navio.

495 Segun la definicion que acabamos de dar de la facha, ocur-

re naturalmente la diversidad de medios que se presentan para practicarla. En efecto, el dexar en viento el aparejo de proa y poner en facha el de popa, nos ofrece uno. La operacion inversa nos presenta otro. Esta misma duplicacion de medios que nos da la libertad que tenemos de dexar en viento uno qualquiera de los dos aparejos, nos la sugiere igualmente el número de velas que podemos usar para la facha; así se podrá conseguir esta con el trinquete, mayor y gávias, ó con solas estas últimas, &c. Cada uno de los métodos particulares de ponerse en facha, tiene su uso preferente segun las circunstancias en que se intenta, y los fines para los quales se aplica.

496 Supongamos que navegando con mayor, trinquete y gávias, siendo el viento bonancible, caiga un hombre al agua. En tal caso importando detener el curso del baxel con toda la posible brevedad, se pueden bracear subitamente todas las velas en facha; y quando ya se considere que el dicho está parado, se puede dexar en facha y braceado por el costado de barlovento el aparejo de proa, teniendo el de popa en viento, y braceado por la parte opuesta en términos, que ambos aparejos queden dispuestos en todos sentidos el uno en contra del otro; cuidando pasar la caña del timon á sotavento. En esta disposicion el navio está echado para avante y para barlovento, por las velas de popa; y abatido para atras y á sotavento, por las de proa; así quedará casi inmoble, y no hay que temer que vaya mucho para barlovento; porque entónces las velas de proa reciben el viento mas perpendicularmente, y tienen mayor fuerza para hacerlo arribar; y si acaso por muy arribado caminase para avante lo mas mínimo, sería llamado inmediatamente para barlovento á causa del timon, cuya caña pasamos á sotavento al principiar la maniobra. Con igual facilidad hubieramos podido poner en facha las velas de popa, y dexar en viento las de proa. Quando se navega en mares sondables donde ocurre sondar de media en media hora, ó con mas freqüencia, conviene disminuir de algun modo las precisas demoras que ocasiona esta faena; y así importa suspender y recobrar con brevedad el curso del baxel. Para este efecto, si el viento es bonancible, será lo mejor ponerse en facha en la forma dicha, no perdiendo tiempo alguno en la arriada, supresion ó mareo, de algunas de las velas con que se navega.

497 Aunque parezca indiferente el ponerse en facha, braceando por barlovento el aparejo de proa, y dexando en viento el de popa, ó al contrario; sin embargo las solas propiedades advertidas en la

embarcacion, prescindiendo de otras circunstancias, deben hacernos preferir uno de estos métodos al otro. En un buque que es duro para arribar, será ventajoso el método de bracear por barlovento el aparejo de proa, y no el de popa; porque hemos visto que el viento obra con mayor fuerza contra las velas dispuestas en facha, ya por caer sobre ellas con un ángulo de incidencia mas ventajoso, ya por ser menor la curvidad que toma una vela que está sobre su palo, acercándose mas á formar una superficie plana en esta disposicion, que no quando está braceada segun el método ordinario para seguir una derrota. Segun todo lo qual, si un navio que es duro para arribar, lo disponemos en facha dexando mareadas las velas de proa y en facha las de popa, las primeras contribuirán con menor fuerza á hacerlo arribar, y costará mas el marearlo. La advertencia que acabamos de hacer acerca de la mayor facilidad que tiene para ponerse á camino, un buque que se halla atravesado teniendo su aparejo de proa en facha, debe tenerse presente en todos los casos de que hablaremos.

498 Se dexa ver que el anterior modo de atravesar ó suspender el curso de un baxel, solo puede convenir para cortos intervalos; pero no quando ocurra quedar atravesados largo tiempo, ó quando se ofrezcan en lo interior del buque faenas, que no podrian practicarse atravesándose en la forma expuesta. Tales pueden ser las de echar al agua el bote ó lancha. Para estos casos y otros en que convenga detener por algun tiempo el curso del baxel, se practica esto cargando la mayor y trinquete, y disponiendo una en contra de otra las solas gávias.

499 Acabamos de hablar de quando convendria disponer en facha mas bien el velacho que no la gávia; pero esto ha sido relativamente á la menor propension que el buque tiene para arribar. Otras circunstancias merecen nuestras reflexiones, quando se practica esta maniobra en esquadra, ó en las inmediaciones de otro barco. Por exemplo, quando un navio se atraviesa á barlovento de otro sobre el qual no conviene caer, entónces es menester poner en facha la gávia braceándola por barlovento, y dexar mareadas en viento la sobremesana y velacho. Porque el viento, como varias veces hemos insinuado, impele con menor fuerza las velas braceadas para navegar de bolina en la forma ordinaria, que no quando estas mismas están sobre sus palos. Por consiguiente estando atravesados en la forma dicha, las velas de popa hacen mantener la proa mas á barlovento de

lo que el velacho la impele para sotavento; así la arribada y deriva serán cortas, que es lo que conviene para no caer sobre el navio. Si al contrario se atravesase á sotavento de otro barco, en cuyo caso le conviene estar dispuesto para la arribada, á fin de evitar el abordage que puede inducir la caida del navio de barlovento, entónces se dexarán mareadas la gávia y sobremesana, disponiendo el velacho en facha bien braceado por barlovento; porque en semejante disposicion esta última vela recibe mayor impulso para arribar que estando mareada en viento; y por de contado queda dispuesta para hacer arribar subitamente el navio, lo que se consigue braceando al filo las velas de popa.

500 Quando se pone en facha el velacho para atravesarse, se puede dexar esta vela braceada perpendicularmente á la quilla. Entónces el viento la impele obliquamente, y el navio arriba muy poco; porque su esfuerzo solo se exerce en el sentido de la quilla de proa para popa, al paso que las velas de esta parte mantienen la proa á barlovento. Igualmente quando se ponga en facha la gávia puede bracearse en cruz, siempre que algun objeto particular no obligue á mantener la proa muy á barlovento.

En el caso de ponerse en facha braceando en cruz el velacho, y dexando la gávia dispuesta para navegar de bolina en la forma ordinaria, se sigue, como acabamos de ver, que esta última vela llama la proa á barlovento, y el velacho en cruz contribuye solo para hacer retroceder el navio. De aquí se infiere que en semejante caso ninguna vela contribuye para hacer arribar el buque; y así este modo de ponerse en facha convendrá á un navio que esté á barlovento de otro. Por el contrario si se atraviesa un barco dexando el velacho en viento bien braceado por sotavento, como para navegar de bolina, y la gávia en cruz, resulta que esta última solamente ocasiona el retroceso del buque, y el velacho lo inclina á la arribada. En conseqüencia este último modo de ponerse en facha conviene á un barco que quede á sotavento de otro.

501 D. Joseph de Mazarredo, Teniente General de la Real Armada, en la pag. 2. y art. 8. de sus Rudimentos de Táctica Naval, entiende rigurosamente por el nombre de facha, la maniobra de dexar unas velas en viento para navegar de bolina, y las otras en cruz recibiendo el viento por la cara de proa. Arreglado á esta disposicion establece para los navios de sotavento y barlovento, la clase misma de facha que nosotros les asignamos en el artículo antecedente, y

que es diferente de la prescripta en el art. 499. Esto no debe extrañarse, si se atiende á que allí dexamos braceada por barlovento la vela que ponemos en facha; y en tal caso contribuye para la arribada ú orzada, segun fuese el velacho ó la gávia aquella de que hiciesemos uso.

502 Para introducir alguna reflexîon que pueda ser util entre los dos modos de atravesarse, ó suspender el curso de un baxel, á saber, dexando braceada en cruz la gávia que se pone en facha, ó bien braceándola algo mas por barlovento disponiéndola en un todo en contra de la otra, debemos tener presente que en esta última disposicion, ambas velas impelen al buque lateralmente, procurando mantenerlo inclinado hácia el costado de sotavento. En virtud de esta inclinacion, y en el caso de haber alguna marejada, las olas contribuirán con ménos esfuerzo á su movimiento de balance quando aborden su costado de barlovento, como veremos art. 597. y 598.; y al mismo tiempo quando el buque procure adrizarse, en virtud de las mismas olas que obran ya en la parte opuesta, será detenido por la mayor superficie de las velas, que se presentan al viento con un ángulo que resulta mas ventajoso, á medida que el buque se va adrizando, y se situa en un plano vertical perpendicular al impulso horizontal del viento.

503 En el primer caso de dexar en cruz la vela que se dispone en facha, la dicha solamente impele al barco de proa para popa; y al tiempo de irse adrizando no opone superficie alguna al esfuerzo del viento, el qual modera el balance, en virtud del único esfuerzo lateral que exerce contra la gávia que se dexó mareada en la forma ordinaria.

504 Tambien se puede atravesar un navio poniendo todas sus velas en facha; para esto se bracean á un tiempo por barlovento todas las velas de que se quiere hacer uso en dicha maniobra; se caza la mesana, y se pasa la caña del timon á barlovento. La razon de cazar la mesana es, porque el aparejo de proa dispuesto en facha, tiene fuerzas bastantes para equilibrarse con los esfuerzos de las velas de popa que, estando braceadas del propio modo, reciben el viento con el mismo ángulo de incidencia que la de proa; pero á causa de que una parte de la superficie de las velas de popa se halla cubierta por las de proa, es menester que la mesana ayude los esfuerzos de aquellas. Por la misma razon se cargan al principio de la maniobra el foque, contrafoque y velas de estay que están á la parte de proa

del centro de gravedad del barco. Todas estas disposiciones que por lo ordinario convienen á las mas de las embarcaciones, y por cuya causa se apuntan aquí como generales, tendrán su alteracion en algunos buques segun las circunstancias; y acaso podrá darse el caso en alguno, de no necesitar que se caze la mesana, &c. Se ha puesto la caña del timon á barlovento, porque el navio teniendo todo su aparejo en facha debe retroceder; y para el caso de retroceso, esta disposicion del timon llama su proa á barlovento (art. 445.); que es lo que conviene para mantener el buque atravesado.

505 No hay duda que en este último modo de atravesar un navio, el dicho retrocede algo, y tiene mucha deriva. Sin embargo en esta disposicion obedece dificilmente á los impulsos de las velas, á causa de que los dichos se dirigen principalmente en el sentido perpendicular á la quilla; y así el barco procura romper el fluido caminando de costado, lo largo del qual se opone á su movimiento, por la resistencia que exerce el agua contra una superficie tan extraordinaria. Atendiendo pues al poco ó casi ningun camino que el barco puede hacer, teniendo todas sus velas en facha bien braceadas por barlovento, hemos contado dicha disposicion entre las varias que pueden mantener el navio inmovil.

506 Varias veces hemos acordado en el discurso de esta obra, y aun en este mismo capítulo, la mayor fuerza con que obra contra su palo una vela quando está en facha, que no en el caso de estar dispuesta para navegar directamente; pero esto ha sido principalmente con relacion á la menor curvidad que adquieren las velas dispuestas sobre sus palos. En la maniobra de quedar atravesados debemos tener presente que, estando el buque parado, el viento exerce sobre sus velas el mismo impulso que exerceria contra una superficie inmovil: dicho esfuerzo se ve desde luego que ha de superar al que se verifica en un buque puesto en movimiento. En efecto por medio de la velocidad que el barco lleva en su derrota huye del viento, y este último lo choca con solo su esfuerzo relativo. Por consiguiente en el caso de ser el viento algo fuerte, se tendrán presentes los riesgos de desarbolar, á fin de no poner en práctica la mencionada maniobra; y aun quando se practique, es precaucion debida, y general á todos los varios modos de atravesarse, el arriar algo la vela que se pone en facha.

507 Á los varios modos de atravesar un navio de que acabamos de hablar, siguen naturalmente los de marearlo ó ponerse á camino.

Hablaremos de cada uno en particular. Supongamos que teniendo el aparejo de proa en facha braceado por barlovento, y el de popa en viento, quiera ponerse el navio á rumbo. La embarcacion, respecto á su movimiento directo ó de retroceso, la consideramos inmovil; en quanto al giratorio de arribada y orzada sabemos, que las velas de popa se oponen á los esfuerzos con que las de proa procuran hacerla arribar. Este último movimiento nos es indispensable para ponernos á rumbo, y así convendrá poner en práctica todos los medios que lo favorezcan: luego si suprimimos los efectos de las velas de popa, y aumentamos los que exercen las de proa, se conseguirá el objeto. Para el efecto convendrá pues bracear al filo todo el aparejo de popa, cargando la mesana si estuviese cazada. Al propio tiempo se largarán el foque y contrafoque si importa; con lo qual la proa del navio caerá á sotavento; pues hemos suprimido todos los efectos que procuraban mantener la orzada, al paso que hemos conservado y aun aumentado los que favorecen la arribada; así no habiendo fuerza alguna que la contrarreste, la dicha debe verificarse.

Como el aparejo de proa puesto en facha y braceado por barlovento, obra con mucha fuerza para arribar, conviene dexarlo así al principio de la faena para conseguir mejor el fin. Quando el buque ha arribado unos 30°, las velas que están en facha, y que al comenzar la maniobra recibian el viento muy de lleno, lo reciben entónces muy obliquamente y casi al filo. En esta situacion las velas en facha han hecho todo el efecto necesario para la arribada, y quedan dispuestas lo mejor posible para bracearse por sotavento y orientarse para navegar; pues todo el mundo conoce quan fácil es bracear por sotavento una vela que flamea. Por consiguiente, el tal caso de estar ya la proa arribada como unos 30°, será el mas á propósito para cambiar el aparejo de proa sin dificultad, despues de haber hecho todo el efecto que se desea. Como al principio de la faena braceamos al filo todas las velas de popa, el esfuerzo de estas en todos sentidos es ninguno; y como las de proa están en facha, en virtud de esta disposicion, el barco al mismo tiempo que arriba debe retroceder; y así la caña del timon debe quedar á sotavento como ántes; porque dispuesta de este modo contribuye á la arribada quando el buque va para atras.

508 Fernandez en su maniobra en la proposicion 42, hablando de este modo de marear un navio atravesado en la forma dicha, prescribe lo primero, pasar la caña del timon á barlovento; pero esto

es, 1.° porque este autor no hace bracear al filo todas las velas de popa, y por consiguiente no suspende en un todo los esfuerzos que estas velas dan al barco para caminar directamente. 2.° Hace bracear por sotavento, ó cambia el aparejo de proa al comenzar la arribada. De cuyas dos disposiciones se sigue, que el esfuerzo de las velas de popa para caminar para avante queda con algun vigor, y el de las de proa para retroceder cesa. En virtud de lo qual debemos juzgar que la embarcacion camine mas bien directamente que no para atras; y por consiguiente importa disponer el timon en la forma prescripta por dicho Fernandez, que es la favorable para seguir arribando siempre que se maniobre como insinua el tal autor.

509 Supongamos ahora que se quiera marear un buque que tiene en viento el aparejo de proa, y en facha el de popa. Esta maniobra puede executarse diversamente, segun las miras que se tengan presentes quando se practica. Por exemplo, si á causa de tener un barco á sotavento, ó por otra qualquiera razon, nos importa arribar lo ménos que sea posible, entónces ántes de todo pondremos el timon á la via; despues bracearemos la gávia por sotavento, y como el aparejo de proa ya lo está, quedará el navio dispuesto para navegar. El timon puesto á la via no infunde movimiento alguno giratorio, y solo queda dispuesto para darlo quando convenga.

Si para ponerse á rumbo se quiere arribar algo, pero no mucho, se puede bracear al filo el aparejo de en medio, poner el timon á la via, é izar el foque para ayudar la arribada que le procura el velacho. Luego que el navio está ya á rumbo, se acaba de bracear por sotavento el aparejo de en medio. Estos dos modos de ponerse á camino que son los mas usuales en el caso de no querer arribar mucho, no son desde luego los mas breves para conseguir el fin de marear el barco y ponerlo á camino, particularmente quando para ponerse al rumbo prefixado importa arribar una cantidad considerable.

510 Supongamos que estando atravesados en la forma últimamente dicha, venga cayendo sobre nuestra embarcacion otra que estaba á barlovento. Entónces para evitar el abordage, conviene dar una arribada suficiente y marear con brevedad. Para conseguir este fin, se pondrá inmediatamente en facha el velacho braceándolo bien por barlovento; se largará el foque, braceando al filo la gávia y sobremesana, y cargando la mesana si estuviese cazada. Quando el buque ha arribado unos 30°, se bracea en viento el aparejo de proa;

y para gobernar la caña del timon permanece á sotavento, hasta el punto de quedar á camino. Las consideraciones que se hiciéron en el primer modo de marear un buque que está atravesado teniendo por delante el aparejo de proa (art. 507.), convienen sin discrepancia alguna á este mismo caso.

511 Restanos ahora hablar del modo de poner á rumbo un navio que está atravesado teniendo en facha todas sus velas, cazada la mesana, y la caña del timon puesta á barlovento. Cambiese lo primero la caña del timon á sotavento, carguese la mesana, y braceense en cruz las velas de en medio. Despues quando el buque haya arribado lo suficiente, se bracean en viento ambos aparejos.

Se sabe que la mesana servia para mantener orzado el navio, y como deseamos la arribada, la hemos cargado para favorecer nuestro intento. El aparejo de en medio puesto en cruz y en facha, hace retroceder la embarcacion; el mismo movimiento de retroceso le procura el de proa, que tambien permanece en facha; y por consiguiente necesitando arribar, conviene pasar la caña del timon á sotavento, que es la disposicion propia para conseguir este objeto quando se camina para atras. El aparejo de en medio dispuesto en cruz, solo infunde al barco movimiento de retroceso, pero ninguno giratorio; el de proa al contrario que está braceado por barlovento, le comunica uno y otro, haciéndole á un tiempo mismo retroceder y arribar. Luego por la disposicion dada al aparejo, el barco solo está incitado para arribar y retroceder; cuyo último movimiento favorece tambien la arribada segun se ha dispuesto el timon.

CAPÍTULO XVI.

Del modo de dar la vela estando aproados al viento.

512 Los varios modos de poner un buque en facha y de marearlo de que hemos hablado hasta aquí, nos conducen á reflexìonar con propiedad, acerca de quanto se practica en la maniobra de dar la vela zarpando el áncla, en el caso de estar aproados al viento. Supongamos que estando aproados al viento, y siendo éste bonancible, quede ya el navio á pique de su última áncla, y que se trate de seguir navegando de bolina amurados por babor. En semejante caso importa que el barco cayga sobre estribor; para el efecto se iza la verga de velacho, y braceándola por babor se dexa su vela en dis-

posicion de cazarla repentinamente; lo mismo se práctica con la gávia y sobremesana, pero con la diferencia de bracearlas al contrario que las de proa: esto es, por estribor. Continuando en virar el cabrestante se suspende por fin el áncla, y en este mismo momento se cazan brevemente las tres gávias.

513 De todo esto resulta, que estando el navio aproado al viento, éste último impele al velacho ántes que á las otras velas, y estando braceadas en la forma dicha, su efecto se reduce á hacer arribar ó caer la proa sobre estribor, y á hacerlo retroceder ó caminar para atras; en conseqüencia para que el timon auxîlie la caida sobre estribor, conviene poner su caña á este mismo costado, á causa del retroceso; con el mismo objeto se izan y cazan el foque y contrafoque, segun las circunstancias. En virtud de todas estas disposiciones, luego que el barco queda libre de la sujecion del áncla, efectúa su rotacion hasta que las velas de popa, dispuestas para navegar de bolina y braceadas por estribor, reciben el viento en la forma ordinaria: quando esto se verifica se descarga ó cambia el aparejo de proa braceándolo por estribor, y se hace el rumbo propuesto mareando las demas velas que se tengan por convenientes. En quanto al timon, se dispone á la via, á babor ó estribor, segun que su auxîlio resulta superfluo ó necesario para mantener la proa al rumbo propuesto.

Siempre que las circunstancias lo permitan, conviene que la proa de un buque fondeado cayga sobre el costado opuesto á aquel por donde trabaja el áncla; de suerte que si el cable de esta última sale por el escoben de babor, conviene abatir sobre estribor. En el caso contrario se abatirá sobre babor, braceando el velacho en facha por estribor, y las velas de popa por la parte opuesta, á la qual debe tambien cambiarse la caña del timon; esto se practica con el fin de que al suspender el áncla no venga esta última por baxo del navio.

514 El modo anterior de dar la vela es conveniente como hemos dicho, para el caso de poner la proa á un rumbo que solo diste seis quartas de la direccion del viento; con este objeto se disponen las velas de popa en términos que contrarresten á su tiempo los efectos de las de proa y moderen la arribada. Si por el contrario se trata de seguir navegando viento en popa, es claro que conviene aumentar el arco de la rotacion, y para el efecto serian perjudiciales las velas de popa. En atencion á esto no debe hacerse uso de estas últi-

mas al principio de la maniobra, y solo de las de proa, siempre que se trate de navegar en popa ó á un largo.

515 Para abatir la proa de un navio estando fondeado, se hace uso del foque y del velacho, con preferencia á las demas velas de proa. Es verdad que el trinquete, por su mucha distancia al centro de gravedad de un buque, parece que debia contribuir igualmente para el efecto; sin embargo muchas razones nos mueven á preferirle el velacho en la citada maniobra. En primer lugar, por lo dicho (art. 341.), toda gávia puede bracearse mas de bolina que las mayores; ademas su parte inferior, ó la relinga de pujamen de dichas velas, puede tenderse perfectamente á lo largo de las vergas inferiores, y en izándolas y cazándolas como corresponde, se aproxîman mucho á formar una superficie plana. Muy al contrario sucede en el trinquete y vela mayor por mas que se cazen y braceen en la mejor forma posible; siendo la anchura de la parte inferior de dichas velas mayor que la manga de los buques, adquirirán una curvidad considerable recibiendo el viento en facha. Por otro lado el mismo viento las encurvaria irregularmente haciéndolas formar varios sacos ó bolsos, impeliendo parte de sus superficies contra los obenques de sotavento, ó contra el espacio comprehendido entre la xarcia y palo de trinquete. En semejante disposicion la vela de trinquete se dirigiria mas bien á ocasionar el retroceso, que la arribada de la embarcacion.

516 Sucede muchas veces que despues de haber caido ó hecho cabeza, importa mantener el barco atravesado hasta elevar el áncla sobre la superficie del agua; esto se consigue manteniendo en facha las velas de proa, y en viento las de popa, por el mismo estilo que lo prescribimos en el art. 496. Quando se descubre ya el áncla sobre la superficie del agua, se bracean por sotavento las velas de proa, y se sigue el rumbo propuesto. En este último caso se vé que la maniobra de dar la vela, se diferencia poco de la indicada en el art. 498. para mantenerse atravesados con las gávias, y de la comprehendida en el art. 507. para marear un navio atravesado en la forma dicha. Si al tiempo de querer quedarse atravesados para elevar el áncla habiendo ya hecho cabeza el navio, se nota que este último se halla muy arribado, se caza la mesana para que auxîlie los efectos de las otras velas de popa en mantener la proa á barlovento.

517 Quando se trata de dar la vela en parages de corrientes, como sucede en todos los puertos de sensibles mareas, en el supues-

to de que el navio esté aproado á la corriente, y reciba el viento en disposicion de hacer uso de sus velas para navegar en la forma ordinaria, se deben disponer de modo que el buque navegue directamente desde el instante en que se suspende el áncla del fondo; porque de otro modo obedeceria al impulso de la corriente que podria ocasionar su pérdida.

En el mismo caso de estar aproados á la corriente debemos considerar, que el agua que corre de proa para popa á lo largo de los costados del buque, produce contra la pala del timon los mismos efectos que si el navio navegase directamente con una velocidad correspondiente al curso de las aguas. En semejante circunstancia, para caer sobre estribor, importa poner la caña á babor, á fin de que la pala del timon se presente por estribor al empuje directo de la corriente.

518 Si se quiere dar la vela estando aproados al viento, y recibiendo la corriente de las aguas lateralmente ó de traves, importa disponer la caña del timon en términos que su pala no contrarreste el movimiento de arribada que se quiere dar al barco. Por exemplo si las aguas corren de babor para estribor, y se quiere abatir sobre este último costado, se dispone la caña del timon de suerte que la corriente de las aguas resulte paralela á la superficie de la pala.

Estas dos últimas advertencias deben tenerse presentes, siempre que la velocidad de la corriente sea mayor que la del navio en sus movimientos retrogrados ó directos; pero quando la de estos últimos supere la de aquella, se dispondrá el timon en los términos prescriptos en sus correspondientes artículos.

519 En quanto á la maniobra de moderar la caida de la embarcacion, y facilitarse por sí mismos el hacer cabeza, amarrando al cable uno de los chicotes de un cabo, y llevando al cabrestante el otro chicote por una de las portas de popa, y costado opuesto á aquel sobre quien se pretende abatir, nos referimos á lo dicho (art. 344.); y solo respecto á los movimientos advertiremos aquí, que se practique la accion de largar ó cortar el mencionado cabo, ántes que el navio esté muy arribado; porque como todas estas operaciones se efectúan estando el buque inmovil, resulta inútil el recurso del timon para llamar su proa á barlovento en el instante en que se pretende.

CAPÍTULO XVII.

De la capa.

520 Las varias circunstancias de una navegacion pueden obligar á un buque á mantenerse á barlovento haciendo el menor camino posible. La mucha mar y el recio viento, pueden impedir al propio tiempo largar las gávias, ó disponer alguna vela en facha; así siéndonos negado el suspender el curso de la nave por los medios indicados en el Capítulo XV., importa recurrir á otros, los quales todos se comprehenden baxo el nombre de capa. Esta maniobra segun los fines á que se aplica podemos definirla, diciendo que es el arte de disponer el aparejo de forma, que en virtud de esta disposicion se mantenga el buque á barlovento quanto sea dable, haciendo poco ó ningun camino. Aquí recorreremos los varios modos que se usan de ponerse á la capa, apuntando los inconvenientes y ventajas que resultan de cada uno de ellos en particular, respecto al objeto de perder el menor barlovento, reservándonos para una advertencia general al fin del capítulo, el reflexìonar acerca de lo ménos y mas que puede padecer un barco en todas sus partes, segun el método de capa que se hubiese adoptado.

521 Capear con el trinquete. Aferradas todas las demas velas, se dispone el trinquete como para navegar de bolina con viento muy escaso, y se pasa la caña del timon á sotavento. Observemos los efectos que deben resultar de esta disposicion, respecto al andar del barco. El trinquete está dispuesto para navegar de bolina; y tanto por la disposicion dada á esta vela, quanto por lo que habremos llamado á barlovento la proa del barco, se sigue que el viento caerá sobre dicha vela, formando el ángulo ménos ventajoso que dable sea para impelerla. Así el esfuerzo absoluto que el viento exerce contra el trinquete, es el menor que permiten las circunstancias. No obstante este esfuerzo absoluto, tal qual sea, se repartirá como vimos en la Lam. XV. fig. 118. en los dos S V, y V T; el primero directo ó para avante, y el segundo lateral. En virtud del primero la embarcacion debe hacer algun camino, y en virtud del segundo debe arribar. Arribando, el viento cae ya sobre el trinquete con ángulo mas ventajoso, y el esfuerzo absoluto que sobre él se exerce es mucho mayor que ántes; por consiguiente crecerá la velocidad directa á cada arribada que dé el barco. Si el timon estuviese á la via no

contribuyendo á movimiento giratorio alguno, se seguiria que la embarcacion con el trinquete solo dispuesto como se ha dicho, iria siempre caminando y cayendo á sotavento. No sucede esto sino por intervalos, á causa de haber pasado la caña del timon á sotavento. En efecto á la menor arribada que dé el barco, á causa de la fuerza lateral que se exerce contra el trinquete ayudada de algun golpe de mar, el buque corre un tanto para avante por lo dicho ántes; pero el timon á mas de contrarrestar su velocidad directa, llama su proa á barlovento y vuelve á dexarlo inmovil. Á otro golpe de mar el buque vuelve á correr, y el timon vuelve á pararlo; verificándose esta alternativa todo el tiempo de la capa. De suerte que en este modo de capear se puede decir, que solo se consigue estar parados por intervalos al favor de otros intervalos de movimiento.

522 Segun lo que acabamos de decir, estando á la capa con el trinquete en la forma dicha, el navio abatirá mucho. Sin embargo alguna reflexìon de nuestra parte, y la disposicion natural del barco, pueden disminuir en algo este efecto. Sino cazamos y aquartelamos mucho la escota del trinquete, disminuiremos por este proceder el esfuerzo absoluto del viento contra la vela, y así minoraremos los momentos con que la dicha hace arribar y correr la embarcacion. Por otro lado la xárcia mayor y de mesana, con sus palos, masteleros y vergas, juntamente con lo mas que la popa sobresale á las restantes obras del barco, presentan al viento un objeto considerable donde exerce sus esfuerzos; y como estos obran á la parte de popa del centro de gravedad, contrarrestan algo el movimiento de arribada que comunica al buque el viento que obra contra la vela del trinquete, su palo, el de baupres y demas objetos de proa. Para el mismo efecto de mantener la proa á barlovento y disminuir las arribadas del navio, suele cazarse la mesana, y esta práctica dá lugar á un segundo modo de capear.

523 Con trinquete y mesana. Sobre este modo de capear solo debemos advertir, que á todos los demas agentes que en la capa con el trinquete suspendian la velocidad del buque, á causa de mantenerlo á barlovento, se agregan en este los momentos con que la vela de mesana procura mantener de orza una embarcacion. En virtud de lo qual el barco abatirá en esta segunda capa mucho ménos que ántes.

524 Con la vela de mesana. Aferradas las gávias, y cargadas arriba todas las velas, se dexa solo la vela de mesana, y se pasa la caña del timon á sotavento. En esta disposicion la mayor ventola que

hay á la parte de popa del centro de gravedad, y los esfuerzos laterales con que la vela de mesana induce á la orzada, mantienen vigorosamente y casi sin contrarresto la proa á barlovento. La velocidad directa que la vela de mesana puesta á popa puede comunicar á un buque, debe ser despreciabilísima; no obstante si la fuerza directa de esta vela, acompañada de la que puede darle á un barco su ventola, hiciese caminar algo la embarcacion, inmediatamente partiria para barlovento á causa del timon; y entónces quedaria parado exerciendo el viento sus esfuerzos contra la vela, casco, xárcias, palos y vergas, con un ángulo muy agudo, y quasi de proa para popa. De todo esto debe inferirse que este modo de capear con la mesana, mantendrá la cabeza del barco á barlovento mucho mas que los dos anteriores, y varios otros que expondremos. Por consiguiente un buque abatirá mucho ménos estando á la capa con la mesana, que no estándolo con qualquier otra vela sola.

525 Capa con la vela mayor. Aferradas las gávias y cargadas las demas velas, se dexa la sola vela mayor amurada, cazada y braceada por sotavento todo lo posible, halando su bolina, y se pasa la caña del timon á sotavento. En esta disposicion el esfuerzo absoluto que el viento exerce contra la vela mayor, se distribuye en dos; uno como S V (Lam. XV. fig. 118.) en el sentido de la quilla, y el otro segun V T lateral ó perpendicular á la quilla. En virtud del primero, el navio debe caminar directamente; en quanto al segundo debemos considerar, que el punto centro de todos los esfuerzos que el viento exerce contra dicha vela, cae ordinariamente á la parte de popa del centro de gravedad del barco, y por consiguiente dicho esfuerzo lateral le imprimirá un movimiento giratorio llamando su proa á barlovento. Así en virtud de la vela mayor sola, la embarcacion procura caminar un tanto directamente, y al mismo tiempo presentar su proa al viento. Este último efecto destruye el primero; porque á medida que el navio está mas orzado, cae el viento con ángulo ménos ventajoso sobre la vela, palos, xárcias y casco, y el movimiento directo queda destruido por el de rotacion. Ademas al menor camino que el buque hiciese para avante, el timon lo llamaria inmediatamente de lo. Puede suceder muy bien que el momento con que la vela mayor llama la proa del navio á barlovento, no sea suficiente para mantenerlo tan orzado como se desea. En este caso se caza la mesana en su auxîlio, y esta adicion de vela puede constituir otro modo de capear con mayor y mesana.

526 Con la vela de estay mayor. Aferradas y cargadas las demas velas, se dexa la sola vela de estay mayor, y se pasa la caña del timon á sotavento. El punto de reunion de los esfuerzos que el viento exerce contra esta vela, cae á proa del centro de gravedad del barco. Por consiguiente en virtud de esta sola vela, el navio procurará caminar un tanto para avante, y arribar al propio tiempo. Con la arribada el corto movimiento directo aumentará, pero el timon llamará inmediatamente la proa á barlovento. Como el centro de reunion de los esfuerzos de esta vela de estay mayor, se aparta del centro de gravedad del barco hácia proa, mucho ménos que el de trinquete, se sigue que los momentos con que dicha vela de estay procurará la arribada del navio, serán mucho menores que aquellos con los quales obra el trinquete. De donde resulta que con este modo de capear, el buque abatirá ménos que con el primero.

527 Capa con el contrafoque, vela de estay mayor y de mesana. Dispuestas estas tres velas para navegar, el barco gobernará generalmente, y si por capa entendemos aquella sola disposicion de aparejo con la qual en modo alguno se gobierna, no podremos darle este nombre á la actual. No obstante atendiendo al corto camino que con estas velas hará el barco, y á lo que comunmente se mantendrá á barlovento, le damos aquí lugar. El efecto de la vela de estay mayor y del contrafoque, será de hacer caminar el navio directamente y de arribada; el de la vela de estay de mesana concurrirá con las mismas velas al movimiento directo, pero se opondrá al de arribada, de cuyo contrarresto puede resultar un perfecto equilibrio á la embarcacion, y en virtud de él gobernará y hará su camino aunque sea corto; si el barco no gobernase con dichas velas, se pasará la caña del timon á sotavento, como en los restantes modos de capear.

528 Capa con la mayor y trinquete. Quando se navega de bolina con sola la mayor y el trinquete, si la mar es mucha, las contínuas arribadas que esta procura dar al barco, obligan á mantener su caña de timon á sotavento; y porque entónces gobierna con dificultad, podemos tambien colocar entre los varios modos de capear dicha disposicion de aparejo.

529 Capa con contrafoque y mesana. Tambien se puede capear con contrafoque y mesana, y los contrarios efectos de estas dos velas dispuestas á los dos extremos, mantendrán acaso el buque en perfecto equilibrio haciendo corto ó ningun camino.

530 Capa con contrafoque, mesana y gávia con tres rizos. Las mismas reflexîones que nos han hecho comprehender baxo el nombre de capa, las dos disposiciones dadas al aparejo en los artículos antecedentes, pueden dar lugar á otro modo de capear con contrafoque, mesana y gávia con tres rizos tomados. Aunque la caida de la gávia se halle disminuida de toda la superficie de sus tres rizos, los esfuerzos de esta vela residen en un punto de elevacion sobre el centro de gravedad, mucho mayor que el de las demas velas baxas de que hemos usado hasta aquí. La maniobra de ponernos á la capa suele practicarse en ocasiones de bastante mar, en las quales ocurre freqüentemente, el que la elevacion de las olas substrae las velas baxas de los impulsos del viento, y el barco queda sin la menor sujecion en sus movimientos de balance. En semejantes circunstancias debe ser de mucha utilidad el uso de la vela alta de que hablamos. Por otro lado, la mayor elevacion de la vela mantendrá el barco mas inclinado (art. 423.), y esta inclinacion, como veremos art. 597. y 598., modera los momentos con que las olas contribuyen á los balances del buque, quando obran en sus costados de barlovento y sotavento.

531 Quando se está á la capa con la vela de estay mayor, con el trinquete, ó con qualquiera otra cuyo centro de esfuerzos cae á la parte de proa del centro de gravedad, se debe tener presente que uno de los efectos de dichas velas es de hacer arribar la embarcacion. Por consiguiente si un fuerte golpe de mar impele su proa para sotavento, este empuje se halla ayudado por el movimiento de arribada que le procuran las tales velas; de donde resulta que en tal caso el buque arribará con suma violencia, y aumentará á proporcion la velocidad directa. Los efectos del timon crecen segun aumenta esta última velocidad; y así su pala llamará inmediatamente la proa para barlovento con mucho esfuerzo. Si miéntras se executa este movimiento sobreviene nuevo golpe de mar, este chocará entónces la proa de la embarcacion con un esfuerzo mucho mayor que el primero; porque á la cantidad de movimiento de la ola, se añade ahora el esfuerzo ó cantidad de movimiento con que la proa le sale al encuentro. Por esta razon en circunstancias de haber mucha mar, ademas de los inconvenientes que trae consigo, respecto al abatimiento, la capa con las velas mencionadas, resultan los que acabamos de ver relativos al padecer del buque; todos los quales se deben considerar mayores, segun lo mas á proa que estuviese colocada la vela con que

se capea; así los ocasionados por el trinquete, superan los que ocasiona la vela de estay mayor.

Los mismos efectos de los golpes de mar deben hacernos proceder con tiento, quando en alguna circunstancia particular estando á la capa, usemos del timon para llevar la proa á barlovento: entre los exemplos de varios diarios podemos acordar aquí lo que sucedió á la fragata Francesa la Diligente; la dicha con mar muy gruesa se mantenia á la capa con contrafoque y mesana; y ocurriendo hacerla orzar, el timonel lo practicó subitamente haciéndola rotar con mucha violencia; al venir la proa de lo, dió contra una fuerte ola que la cogió desde la serviola hasta la mesa de guarnicion mayor; la fragata se llenó de agua, y desarboló del mastelero de velacho, en virtud de la violenta sacudida.

En quanto á la capa con la sola vela de mesana debemos advertir, que si bien dicha vela de mesana, á causa del extremo de popa en donde está colocada, obra con momento ventajoso para mantener la proa á barlovento, contra las arribadas que ocasionan los golpes de mar que impelen la proa, sufre asimismo por su situacion, y acaso expone la vela y palo sobre que insiste mas que otra alguna vela. En efecto, al esfuerzo de un golpe de mar en la proa esta parte huye el viento; y si la popa lo busca con igual velocidad, la vela de mesana ademas del mayor empuje que sufre recibiendo el viento mas perpendicularmente con motivo de la arribada, padece por razon de la violencia con que la popa viene girando en demanda del viento. De todos los puntos de un buque que gira sobre su centro de gravedad, los mas remotos de dicho centro son los que, á causa del mayor arco que describen, caminan con velocidad superior á los mas próxîmos. Por consiguiente la vela de mesana mas que otra alguna de popa sufrirá en las repentinas arribadas.

Sin embargo, respecto á la velocidad con que la popa sale al encuentro del viento, debemos tener presente aquí lo dicho en la nota del art. 363. Ademas importa considerar, que ni la proa del navio puede caer á sotavento, ni la popa venir para barlovento, sin vencer las resistencias que oponen las aguas para la rotacion en la parte sumergida del cuerpo del navio. Como estas resistencias son considerables, se sigue que ordinariamente va girando la embarcacion gradualmente, y rara vez experimentará la vela de mesana los efectos de la fuerza de percusion de parte del viento.

Con la mayor: uno de los efectos de la vela mayor es de mante-

ner á barlovento la proa de un baxel, y si dicha parte cae á sotavento al esfuerzo de un golpe de mar, tanto el centro de los esfuerzos de la vela mayor, como todos los demas puntos del buque que caen á la parte de popa del punto giratorio, vendrán para barlovento; pero la vela mayor dista muy poco de dicho punto giratorio; así el arco que describirá en el giro será cortísimo respecto al que describirá la mesana, y los demas puntos de popa. Por consiguiente proporcionalmente á su superficie, esta vela padecerá á la capa ménos que las demas de popa. Si consideramos el cuerpo de un navio como una palanca, comprehenderemos tambien, que aquel debe sufrir mucho ménos estando á la capa con la vela mayor, que con la mesana y otras de popa. En efecto, el centro de los esfuerzos de la mencionada vela, viene á caer ordinariamente muy cerca del centro de gravedad del barco; por consiguiente si suponemos reunidos cerca del extremo de proa los esfuerzos de las olas, el embate de estas y la resistencia opuesta de la vela mayor, actuarán en los extremos de una palanca sobremanera mas corta, que quando nos mantenemos con la sola vela de mesana.

Quando se está á la capa con dos ó mas velas, entónces se debe buscar el punto de reunion de los esfuerzos de ambas; y en el supuesto de que el dicho caiga á popa del centro de gravedad de la embarcacion, esta padecerá ménos en el sentido de su longitud, segun la menor distancia que medie entre los puntos donde se consideran reunidos los esfuerzos de las olas, y el contrarresto de las velas.

Quando nos mantenemos con el contrafoque, mesana y gávia con tres rizos tomados, añadimos generalmente al esfuerzo con que la mesana llama á barlovento la proa del buque, los efectos de la gávia, cuyo centro de esfuerzos suele residir poco distante del centro de gravedad del barco hácia la parte de popa. El uso de esta vela alta suavizará los balances que ocasionan los golpes de mar como vimos art. 530.; y por consiguiente podemos contar dicho método de capear como uno de los mas propios para la seguridad de la arboladura, en ocasiones de mucha mar. La experiencia de algunos de nuestros Oficiales comprueba esta misma proposicion. El Comandante de la fragata Dorada asegura en uno de sus manuscritos, haberse mantenido en la sonda de las tortugas veinte y quatro horas con la capa mencionada con mucho descanso, á proporcion de la mucha mar y viento. El mismo Oficial refiere, haberse mantenido con

Nn2

este aparejo cómodamente toda una noche sobre las islas de Cuervo y Flores en la fragata Juno, con viento muy fuerte del O. N. O., y mar muy gruesa.

En todos los modos de capear debemos tener presente, que si el timon está enteramente cerrado á la banda, trabaja mucho su caña, y en semejantes ocasiones está expuesta á romperse; este riesgo disminuye siempre que la capa de que se usa dé alguna velocidad al barco, en términos que no inhabilite los efectos del timon y permita su gobierno.

532 Á los varios modos indicados de mantenerse á la capa, sigue el prescribir los medios propios para marear y seguir un rumbo determinado. Las reflexìones que hemos apuntado en los capítulos precedentes, acerca de dar á un barco los movimientos de arribada y orzada que se pretenden, y de marearlo quando se mantiene atravesado, nos resuelven á no detenernos en este particular, apuntando solamente, que siempre que se esté á la capa con el trinquete, ú otras velas de la parte de proa del centro de gravedad, basta poner el timon á la via para lograr la arribada. Así la capa con dichas velas será la mas propia para conseguir este movimiento, y el trinquete mas á próposito que la vela de estay mayor. Si se está á la capa con dos velas, una de la parte de proa, y otra de la parte de popa del centro de gravedad, importa generalmente cargar esta última, ademas de alzar el timon. La vela de mesana que, como vimos, mantiene la proa á barlovento con ventaja á todas las otras, es la ménos propia para conseguir una pronta arribada; así es necesario cazar el contrafoque, y acaso marear el trinquete ú otras velas de proa, cargando la mesana arriba, y levantando el timon.

533 Á pesar de la propension para la arribada que concedemos á un navio que se mantiene á la capa con el trinquete, ú otras velas de la parte de proa de su centro de gravedad, puede ocurrir sin embargo que el buque se rehuse á semejante movimiento, en la circunstancia crítica de sernos necesario el arribar para huir del encuentro de un baxo, ó para adrizar el barco que se halla muy tumbado. En semejante apuro, se arria generalmente la escota de trinquete, con la mira de que el esfuerzo de dicha vela pasando mas á proa del centro de gravedad, obre (art. 451.) con mayor momento para procurarle la arribada. Pero en medio de esta ventaja, no debemos olvidar que arriando la escota, suprimimos parte de los es-

fuerzos de la vela ; y aunque los dichos obren á una mayor distancia del centro de gravedad, obran sin embargo con ménos fuerza ; no obstante puede ser mayor su momento, superando en la expresion $f \times$ C B (art. 406.), el aumento que adquiere C B, á la diminucion que padece f.

534 Si á pesar de todos los arbitrios de largar toda la posible vela á la parte de proa, no se consigue la arribada que interesa para salvar el barco, importa proceder hasta el doloroso trance de cortar los palos de la parte de popa del centro de gravedad, principiando por el de mesana, y despues siguiendo con el mayor ; para cuyo efecto puede consultarse lo dicho (art. 493).

535 Si estando á la capa se trata de virar por redondo, importa completar el movimiento de arribada hasta conseguir el objeto. Para esto si estamos á la capa con el trinquete ú otras qualesquiera velas de proa, se pasa la caña del timon á barlovento, y por este medio contribuye su pala á aumentar la arribada del buque, al menor movimiento directo que hace en virtud del impulso del viento sobre dichas velas. Quando el barco se aproxîma á colocarse viento en popa, se arria la escota de trinquete, se larga su bolina, y se suspende la amura, braceando la verga por el costado opuesto, procurando que la dicha quede en cruz quando el viento es perfectamente en popa ; y despues se sigue hasta amurar el trinquete por el lado opuesto en los términos del art. 481.

Si el navio debe virar por redondo manteniéndose á la capa con mayor y contrafoque, se carga la mayor para principiar la maniobra, la qual se auxîlia por medio del timon cuya caña se pasa á barlovento. Si se intenta igual maniobra estando á la capa con la mesana, y una vela de la parte de proa del centro de gravedad, debemos principiar la evolucion cargando la mesana, y en lo demas procederemos como ántes.

CAPÍTULO XVIII.

Del modo de conocer la verdadera direccion del viento, á pesar de la errada que nos indican las grimpolas.

536 Para poner la proa de un navio á determinado rumbo y en otros particulares movimientos, importa conocer la direccion del viento. Los instrumentos de lanilla ú otra materia ligera y flexîble de que comunmente se hace uso, se llaman á bordo grimpolas ó ca-

tavientos: vamos á hacer ver que los dichos solo nos pueden dar próxîmamente la direccion del viento, en el caso de que el buque esté en reposo; pero de ningun modo en el de moverse, exceptuando el caso de navegar viento en popa y sin corriente alguna obliqua á la direccion del viento.

Para convencerse de la verdad de esta asercion, basta recurrir á aquel general axîoma del movimiento, á saber: que si un cuerpo se mueve en una direccion qualquiera, quantos cuerpos insistan sobre él, ó todas las partes componentes de dicho cuerpo, participan del movimiento en el sentido que este se efectua. Sentado esto, supongamos que sin valerse de sus velas y en perfecta calma, adelante un navio, ya sea á la espia, ya á remolque, ó en virtud de la corriente de las aguas. La grimpola, como uno de los cuerpos insistentes en el total del buque, participará del movimiento que este tenga; y en el supuesto de que el navio camine del Sur al Norte, la grimpola chocará en dicha direccion los cuerpos que se opongan á su tránsito: el ayre atmosférico será impelido pues del Medio dia para el Norte, y en virtud de este impulso se formará una corriente de ayre del Norte al Sur, la qual hará flotar la grimpola segun esta línea; y aunque sin viento alguno, el tal instrumento nos representará que el reynante es Norte: esto es, viene de proa para popa, en el sentido opuesto á aquel segun el qual adelanta el buque. Esto mismo se verificaria en el flexible látigo de un cochero, si teniéndolo levantado y estando sentado en el pescante, hiciese correr el coche velozmente en perfecta calma; el látigo indicaria siempre un viento de la parte adonde se dirige en su carrera. En virtud de esto tendremos, que considerando en el navio su sola velocidad directa, en conseqüencia de esta deberán situarse las grimpolas de proa á popa; pero á causa del viento que tambien las impele, deberán situarse segun la direccion de este último; y así la grimpola impelida á la vez por dos fuerzas que obran en direcciones distintas, se situará en la diagonal del paralelogramo que se forme sobre las dos direcciones dichas, segun lo insinuado en la composicion y descomposicion de las fuerzas (art. 35). Por consiguiente la direccion de la grimpola en un buque que camina á causa del viento que lo impele, está muy léjos de darnos el rumbo de este último. Para conocer pues con la suficiente exâctitud, quando importe, el rumbo del viento, y para tener una idea mas clara de todo lo dicho, exâminemos la Lam. XVII. fig. 143., en la qual A G manifiesta la direccion del viento; B D un

navio; L S su vela dispuesta para navegar segun la D *b d*; y supongamos que miéntras el viento corre el espacio C G, el navio en virtud del movimiento directo que toma se transfiere de C á *c*. En conseqüencia de todo lo insinuado anteriormente tendremos, que la grimpola tomará la situacion *c* G, manifestando que el viento sopla segun esta línea, quando su rumbo verdadero es A G. Para conocer la verdadera direccion del viento, en el triángulo C G *c* tenemos conocido *c* G, que es la velocidad aparente del viento, * el lado C *c*, que es el camino que hace el navio en el determinado tiempo, y el ángulo C *c* G, que la direccion aparente del viento *c* G forma con la derrota C *c*. Resolviendo dicho triángulo, hallaremos el ángulo C G *c*, que es lo que se desvia la direccion de la grimpola de la verdadera A G, que tiene el viento. Supongamos que el viento A G sea Sur, y que el navio B D navegue al E. S. E., y que en virtud de los datos conocidos en el triángulo, nos resulte el ángulo C G *c* de 11° con 15′: esto es, que valga una quarta; tendremos que atendiendo á la direccion de la grimpola, juzgaremos que el viento es del S. $\frac{1}{4}$ al S. E., y que navegamos en cinco quartas, quando en realidad el viento es del S., y navegamos en seis. Si en el propio caso de ser el viento S. siguiesemos el rumbo del O. S. O., y los datos del triángulo *m* G C fuesen los mismos, creeriamos que el viento soplaba segun la línea *m* G: esto es, que era del S. $\frac{1}{4}$ al S. O. De donde se infiere que despues de haber virado, guiándonos por las grimpolas, nos parecerá en el caso propuesto que el viento ha cambiado de dos quartas: esto es, que de S. $\frac{1}{4}$ al S. E. que lo juzgabamos siguiendo el primer rumbo, ha pasado al S. $\frac{1}{4}$ al S. O. navegando en el segundo; siendo así que el viento ha permanecido invariable y siempre el mismo.

La falta de este conocimiento hace creer en primer lugar, que un buque es capaz de ceñir el viento mas de lo que realmente puede. Tambien acontece que notando la aparente variedad del viento despues de una virada, se persuaden á que el viento se ha alargado de dos ó mas quartas durante la maniobra; y así determinan el revirar para seguir la derrota primitiva, y en breve se les vuelve á escasear el viento en su concepto. De esto resulta el que ignorantemente en muchos diarios, se le atribuye al viento en diversos lugares, mas viariacion de la que realmente tiene. Segun aumentase el lado C *c*, en el triángulo C G *c*, aumentará el ángulo C G *c*: esto es, que en

* Véanse los art. 543. 545. 546. y siguientes.

igualdad de las demas circunstancias, la direccion del viento que nos darán las grimpolas será mas errónea, á medida de la mayor velocidad que tenga el navio.

Quando se navega viento en popa y sin corriente alguna, la direccion que en virtud del movimiento directo procura tomar la grimpola situándose de proa para popa, queda destruida por el mayor impulso del viento que obra diametralmente opuesto, y sucede á la grimpola lo propio que á un cuerpo animado en dos sentidos opuestos por dos fuerzas, en cuyo caso el cuerpo se mueve en la direccion que obra la mayor fuerza (art. 38). Así la grimpola, navegando viento en popa y sin corriente alguna, se situa segun el impulso del viento, y es el único caso en que dichos instrumentos nos indican su verdadero rumbo. No sucede así si navegando viento en popa, una corriente qualquiera arrastra la nave segun un rumbo obliquo al de la direccion del viento; entónces en virtud del movimiento que le comunica la corriente, la grimpola debe situarse segun la direccion opuesta, y por razon del viento segun la de este último; de donde se infiere que la grimpola flotará como en los otros casos, segun la diagonal del paralelogramo que se forme sobre las direcciones del viento y la opuesta á la corriente.

537 Hemos visto que la direccion aparente del viento que nos dan las grimpolas, nos lo representa mas de proa de lo que realmente sopla. De suerte que en el exemplo supuesto de navegar al E. S. E. y ser el viento S., nos lo manifiesta la grimpola del S. $\frac{1}{4}$ al S. E.; de aquí procede, como se dixo, que imaginamos ceñir el viento mas de lo que realmente lo ceñimos; este falso concepto puede inducir error en el cómputo que se hace de lo que un buque sale á barlovento. * Para evitar este inconveniente y conocer con suficiente exâctitud el ángulo que forma la verdadera direccion del viento con el rumbo á que se navega, particularmente navegando de bolina que es quando esto mas interesa, se procederá como sigue, si no se quiere resolver el triángulo C G c de la Lam. XVII. fig. 143. Se determinará con la escrupulosidad posible el rumbo á que gobierna el barco quando va amurado de una banda; asegurados de esto, se virará

* En efecto, si el verdadero ángulo con que el navio ciñe el viento es $= b$ y la distancia caminada $= c$, tendremos el barlovento ganado diciendo $R : \cos. b :: c : x = \frac{c \times \cos. b}{R}$; pero si el ángulo aparente con que el navio ciñe el viento fuese $= a$ y nos atuviesemos á él resultaria $x = \frac{c \times \cos. a}{R}$.

y determinará tambien el rumbo á que gobierna quando va ciñendo de la amura opuesta. El total del ángulo formado por los dos rumbos á que se navega ciñendo el viento de una y otra amura dividido por mitad, nos manifestará las verdaderas quartas en que el navio ciñe el viento. Gobernándonos por el exemplo anterior, siendo el viento S. y aparentemente S. $\frac{1}{4}$ al S. E., observamos que la proa se dirigia al E. S. E.; habiendo virado posteriormente notamos en iguales circunstancias que caminabamos al O. S. O. El ángulo de 12 quartas, comprehendido entre los dos rumbos á que se ha puesto la proa de una y otra amura, dividido por mitad, nos dá 6 quartas, que es el verdadero ángulo que puede formar nuestra derrota con la direccion del viento, ciñéndole en las mencionadas 6 quartas, y no en las 5 que nos representaron las grimpolas.

538 Esta misma práctica que acabamos de emplear para conocer el menor ángulo baxo el qual puede un navio ceñir el viento, nos sirve para concluir su verdadera direccion; en efecto quando seguiamos la vuelta del E. S. E. las grimpolas nos representaban el viento del S. $\frac{1}{4}$ al S. E.; posteriormente habiendo virado y gobernado al O. S. O., nos lo manifestaban del S. $\frac{1}{4}$ al S. O., indicándonos dos quartas de alteracion; porque como los errores en el caso de virar son en sentido contrario, resulta la diferencia doble de cada alteracion particular; y conseqüente á esto, basta tomar la semidiferencia para saber los grados que difiere la direccion real del viento de cada una de las aparentes. En el caso supuesto la diferencia total observada es de dos quartas, ó de 22° 30′; luego una quarta ú 11° 15′ que es la semidiferencia, será en una y otra vuelta el error de las grimpolas: esto es, que la verdadera direccion del viento es del S. al N.

539 Otro medio tenemos tambien (aunque ménos exâcto que el anterior) para conocer el ángulo que forman entre sí las dos direcciones del viento, la real y la aparente. Naveguese primero con un determinado número de velas, y supongamos que el navio con dicho aparejo camine con la velocidad C J de la Lam. XVIII. fig. 145., la qual ha dado al viento la direccion aparente J M, ó la u 1 C. Disminuyendo despues de vela, demos el caso que el navio camine con la menor velocidad C i; la direccion aparente será entónces i M, ó u 2 C, la qual formará un ángulo mucho menor con la direccion real ó absoluta V M. Supuesto esto, marquense las dos direcciones aparentes, y midanse con la corredera, ó por otro qualquiera medio

que sugiere el pilotage, las velocidades C J y C *i*; la diferencia entre ambas dará el espacio *i* J. Con todos estos datos podemos formar graficamente sobre un papel una figura enteramente semejante á la 145. Formaremos primero un ángulo *i* M J del mismo número de grados que aquel que forman en el mar las dos direcciones aparentes, y cerrandolo con la diferencia de las velocidades *i* J, tiraremos por último la recta M C. La figura nos manifestará la relacion que hay entre la velocidad absoluta del viento y la del navio; como tambien la cantidad que se separan las direcciones aparentes *i* M, J M de la real C M.

540 Como ordinariamente solo se pretende proceder en semejantes investigaciones con una determinacion aproxîmada, debemos advertir que siendo pequeños los ángulos en M, podremos las mas de las veces confundiéndolos con sus senos, suponer que son proporcionales á las velocidades C J y C *i*, que les sirven de subtensas. En conseqüencia basta hacer la siguiente analogía: la diferencia J *i* de las dos velocidades del buque, es al ángulo observado J M *i*, ó *u* 1 C *u* 2, que forman las dos direcciones aparentes del viento, como la mayor velocidad C J, ó la menor *c i*, es al ángulo C M J, ó C M *i*, formado por qualesquiera de las dos direcciones aparentes del viento con la real.

Supongamos por exemplo, que el navio con el mayor aparejo camine 10 millas por hora, y que la direccion aparente del viento J M sea del S. S. E.; habiendo disminuido de vela, demos el caso que el buque navegue por el mismo rumbo primitivo con una velocidad de tres millas por hora, y que la direccion aparente del viento *i* M sea S. 7° 30′ E. El ángulo J M *i* valdrá 15°, y diremos: J *i*, ó 7 millas diferencia de ambas velocidades, es al ángulo *i* M J de 15°, como 10 millas, ó C J, son al quarto término; por el qual nos resulta el ángulo C M J, ó el desvio de la primera direccion aparente del viento de la real de cerca de 21° 30′. Se dexa ver que durante estos cambios de aparejo y medida de distancias puede el viento variar de direccion; en cuyo caso el ángulo *i* M J de las dos direcciones aparentes, que debe referirse á un mismo viento resultaria alterado. Por consiguiente importa repetir la operacion anterior algunas veces, y asegurarnos por la igualdad de resultados de la constancia del viento.

541 Hemos insinuado hasta aquí los errores que podia introducir en nuestra derrota la falsa direccion del viento dada por las grim-

polas, y los medios de corregirlos; ahora aplicaremos esto mismo á otros varios casos de la práctica no ménos interesantes. Todo el mundo sabe la necesidad que hay en la mar de distinguir los objetos de barlovento de los que están á sotavento. En la táctica este conocimiento es de un contínuo uso; pero refiriéndonos mas particularmente á nuestro asunto de maniobra, quando un barco arrojado sobre una costa por la impetuosidad del viento y de la mar navega cerca de ella, depende ordinariamente su suerte de la situacion de una punta ó cabo que á lo léjos descubre por la proa. Si el cabo demora á sotavento es fácil evitarlo; pero el asunto merece toda nuestra reflexîon si, estando el cabo á barlovento, no hay puerto alguno para nuestro abrigo. La embarcacion E de la Lam. XVIII. fig. 146. se halla en esta crítica circunstancia; la dicha sigue la derrota E *i*, pero á causa de estar el cabo P muy á barlovento su pérdida es casi cierta; y en vez de continuar la derrota E *i*, puede convenirle mas dirigirse perpendicularmente contra la costa, y buscar alguna playa de arena ú otro buen baradero para encallar.

542 Para distinguir los objetos de barlovento de los que están á sotavento, se tira una perpendicular como la G F (Lam. XVIII. fig. 146.) á la direccion verdadera del viento V C; todos los objetos que están en esta perpendicular como los tres navios G, F, C, están en igual barlovento; los que están entre dicha perpendicular y la direccion V C del viento, como el navio H, quedan á barlovento de los tres nombrados; y los que caen al otro lado de la perpendicular G F, como el barco E, y el cabo P á su sotavento. Si gobernándonos por la aparente direccion del viento *u* C, que nos dan las grimpolas, tiramos á ella la perpendicular *g f*, nos resultan varios errores de conseqüencia. En primer lugar vimos en la Lam. XVIII. fig. 145. que, aun siguiendo una misma derrota, la direccion aparente *i* M, ó J M, varía segun la velocidad con que camina un buque. Ademas notamos en la Lam. XVII. fig. 143, que dicha variacion es aun mayor en el caso de una virada y que el buque ciña con contraria amura. Si en todas estas circunstancias nos gobernamos indiscretamente sobre la línea *g f*, perpendicular á la direccion aparente del viento *u* C, ó J M (Lam. XVIII. fig. 146.), los del navio A B creerán que el navio ú objeto qualquiera G está á su sotavento y que el F les demora á barlovento, aunque realmente ni lo uno ni lo otro suceda. Á causa de un error del mismo principio, el navio F que navega segun la F K, y que reputa la línea K N, ó la *u* 2 F co-

mo la direccion real del viento, cree estar á sotavento del buque C, porque la perpendicular que se tire á K N por el punto F, pasará superior á C. De modo que en el caso de que hablamos, ambos navios F y C se imaginan á sotavento el uno del otro; lo que es tan imposible, como el que un solo cuerpo esté á un tiempo mismo en dos lugares distintos. Por el mismo estilo el cabo P queda una determinada cantidad á barlovento del navio E, siempre que en este último se tire la perpendicular á la direccion real del viento Q E; pero si navegando segun la E P tiramos la perpendicular á la direccion que nos dan las grimpolas, el cabo resultará mas á barlovento de lo que realmente está, y acaso juzgaremos que no nos basta la distancia E P que media para ganarlo. Por el contrario si el barco ciñese el viento Q E de la otra amura, la perpendicular á la direccion aparente podrá representarlo á barlovento del cabo P, y si determinamos virar creyendo montarlo podemos hallarnos de repente en un empeño contra la costa. En suma el error de las grimpolas influye en todas las resoluciones en que se cuente con su aparente direccion, para determinar como está el camino que se hace con el barlovento que se grangea. Por todo lo qual importa valernos de los medios insinuados en los artículos anteriores para conocer la verdadera direccion del viento.

CAPÍTULO XIX.

Descripcion de un anemometro.

543 Para determinar en la Lam. XVII. fig. 143. geométricamente el ángulo C G *c*, ó lo que la direccion *c* G de la grimpola se separa de la verdadera A G que tiene el viento, hemos supuesto conocida la velocidad relativa de este último representada por la línea *c* G. Tanto pues para tener este dato en semejante circunstancia, como para conocer la fuerza de dicho elemento en otras muchas, describiremos la máquina sencilla que trae Mr. Bouguer en su *Traité du Navire*. Reducese á un quadrado de carton aplicado á una especie de romana. Cada uno de los lados del quadrado de carton representado en la Lam. XVII. fig. 144. por A B D E, tiene seis pulgadas; dicho quadrado se afirma á un mango C F introducido en el tubo F G, en cuyo fondo hay un resorte contra el qual se opone el mango C F. El uso de este instrumento consiste en presentar el carton al empuje del viento, y á medida que su esfuerzo es mas ó mé-

nos grande, el mango C F comprime mas ó ménos el resorte interior. Á lo largo del mango C F, que está dividido en varias partes, se cuentan las libras ú onzas de la fuerza del viento, por el mismo estilo que en las palancas conocidas baxo el nombre de romanas. La diferencia que se advierte entre el anemometro y las romanas cargadas de pesos constantes consiste, en que las divisiones de estas últimas corresponden las mismas, siempre que no se alteren los pesos; pero como el viento exerce sus esfuerzos desigualmente soplando á rachas, el anemometro está en una contínua agitacion; y así, ó bien se elegirá un medio entre las divisiones que señalase el mango C F durante determinado tiempo, para concluir la fuerza media del viento, ó bien se elegirá la mayor señal para tener el mayor de sus impulsos, segun el objeto que se lleve en la experiencia.

Una de las ventajas de este instrumento consiste, en que basta colocar el pedazo de carton paralelamente á la superficie de las velas, para concluir el esfuerzo que el viento exerce contra cada pie de superficie, sin que interese el atender á la oblicuidad del choque. De esta forma se vé que seria muy fácil el determinar la fuerza total que se emplea en el movimiento de un buque, y para mas exâctitud puede substituirse al quadrado de carton, otro de la misma tela de las velas; de este modo se podrian preveer las ocasiones en que hay riesgo de desarbolar, ó de que sucedan otros accidentes de mayor peligro.

544 Para graduar ó dividir el mango C F de este instrumento, es menester que el dicho esté casi del todo concluido. Entónces se procura situarlo verticalmente de suerte que el plano A D quede horizontal, y se van colocando sobre él sucesivamente varios pesos, los quales, segun son mayores ó menores, profundizan en el tubo ó cilindro F G mayor ó menor porcion del mango C F, y dan lugar á que se señalen en él los efectos de los pesos por libras y onzas. Mr. Bouguer encarga que se disminuya en quanto sea dable la longitud del mango C F G, y que el todo del instrumento resulte lo mas ligero que sea posible, advirtiendo que para disminuir el roce del mango C F á su entrada en el tubo, se coloque en dicho parage un pequeño molinete ó rollete.

545 Hemos dicho (art. 543.) que para hacer uso de este instrumento se presenta la superficie A D contra el viento, y teniendo agarrado firmemente con la mano el tubo F G, se determina la fuerza del viento por las divisiones del mango C F que se introducen.

El modo de asegurar la experiencia, y conocer quando el plano A D está dispuesto perpendicularmente contra la direccion del viento, consiste en darle á aquel varias inclinaciones, y observar en qual de ellas se introduce mas el mango C F. Para que esta práctica goce de un suficiente grado de exâctitud, importa que nos aseguremos de la constancia del viento.

Desde luego se manifiesta que el tubo F G, que presentamos al viento agarrándolo con la mano, y el todo del anemometro puede colocarse sobre un pie fixo en disposicion que el mismo viento haga girar el plano A D, hasta situarlo en una direccion perpendicular á su impulso, al modo que lo efectúa con las veletas que se colocan en las torres. De esta suerte sabremos que la fuerza del viento que nos indique el instrumento es efecto de un impulso perpendicular, y no tendremos duda en que el valor de su esfuerzo absoluto, deducido de la experiencia, resulte disminuido por la oblicuidad del choque.

En la parte Marina de la Enciclopedia, el autor del artículo *Anemometres* ofrece darnos en el artículo *Vent* la descripcion de un anemometro de su invencion, en el qual se distingan quando las direcciones del viento difieren de la horizontal y son de abaxo para arriba, ó al contrario. Como quiera sea, la sencillez de este último instrumento diferirá poco del que acabamos de describir, y solo debemos esperar ventajas por lo que hace á su perfeccion.

546 Habiendo descripto el anemometro y el modo de observar en él la fuerza del viento, conviene que indiquemos los medios de que podemos valernos para reducir la fuerza observada de este elemento á velocidad, á fin de que en los triángulos C G *c*, C M J (Lam. XVII. y XVIII. fig. 143. y 145.) podamos concluir los lados *c* G, J M, que expresan la velocidad relativa del viento para ambos casos, y sin cuyo dato no podriamos resolver dichos triángulos y averiguar los ángulos en G y en M, ó la cantidad que difiere la aparente direccion del viento que nos dan las grimpolas de la real y verdadera, como indicamos (art. 536.). Pero ántes importa considerar que, quando navegamos y hacemos uso del anemometro, solo concluimos la fuerza relativa del viento; porque dicho instrumento insistente en el buque participa de la velocidad de este último, y el viento solo lo impele con su fuerza relativa. Muy al contrario se verifica estando anclados, ó en la circunstancia de quedarnos en facha; en semejante caso el viento hace contra el anemometro el mismo esfuerzo que haria contra un cuerpo inmovil; y por consiguiente di-

cho instrumento nos dará entónces el esfuerzo absoluto del viento.

547 Mr. Bouguer en el cap. 1.° seccion 3.ª de la *Manoeuvre des Vaiseaux*, nos dá una tabla de las distintas velocidades del viento correspondientes á sus diversos esfuerzos contados en libras y onzas; pero es menester advertir que la correspondencia entre las velocidades é impulsos de esta tabla, está deducida con arreglo al antiguo sistema acerca de las resistencias de los fluidos, en que se supone que sus impulsos son proporcionales á los quadrados de sus velocidades. Los trabajos y nuevos descubrimientos de D. Jorge Juan no nos consienten hacer uso de la tabla del autor citado, y nos presentan en el uso de una de las elegantes fórmulas de su Exâmen Marítimo, los medios de reducir á velocidades absolutas ó relativas, los absolutos ó relativos esfuerzos del viento que nos dé el anemometro.

548 La fórmula que conviene para el caso del anemometro cuya superficie A D es plana, es la que dicho autor trae en el art. 266. del 2.° tomo de su Exâmen Marítimo, y es $= \frac{1}{20}\, mauh$ sen. α. En dicha fórmula m indica la densidad del agua del mar, $a\, h$ la superficie ó pie quadrado del anemometro que se expone al choque del viento, sen. α el seno del ángulo que forma la superficie A D de dicho instrumento con el viento, y suponiendo que este último le es perpendicular, sen. α será $= 1$, ó igual al radio, u representa la velocidad del viento. Para hacer uso de esta fórmula, supongamos que el anemometro nos haya señalado 8 onzas por el esfuerzo del viento; tendremos que $\frac{1}{20} mauh = 8$ onzas; y sacando el valor de $u = \frac{20 \times 8 \text{ onz.}}{mah}$. Quiere decir, que para convertir el esfuerzo del viento que nos dá el anemometro en velocidad, debemos multiplicar dicho esfuerzo por 20, y dividir la cantidad que nos resulte, por el producto que nos dá la densidad del agua del mar multiplicada por la superficie del anemometro.

549 En el uso de los globos areostáticos podemos hallar uno de los medios mas seguros para formar una larga tabla, en la qual se establezca la correspondencia entre los diversos esfuerzos del viento que nos indique un anemometro, y las correspondientes velocidades de dicho elemento. Para la experiencia puede elegirse la cortina de una muralla comprehendida entre dos de sus baluartes, ó el lienzo de otro qualquiera edificio que corra paralelamente á la direccion del viento. Dos observadores se colocarán en el baluarte de barlovento

de la muralla, y al tiempo mismo que el uno de ellos exprese con una voz las libras y onzas del esfuerzo del viento que señala el anemometro, expuesto perpendicularmente á su direccion, largará el otro un pequeño globo areostático, notando en un buen relox de segundos el minuto y segundo en que lo largó. Entre tanto otros dos observadores situados en el baluarte de sotavento, esperarán el momento en que apulse el globo en un hilo vertical dispuesto en una pínula, ó en el centro del vidrio objetivo de un anteojo; y el que tenga en la mano otro buen relox de segundos, arreglado al primero, notará el momento que señala quando su compañero indique por una voz qualquiera el instante del apulso. Con solo un relox de segundos se puede practicar lo insinuado, significando los momentos en que se larga y apulsa el globo por el fogonazo de una pistola. Teniendo ya medida de antemano la distancia entre los dos observadores, ó midiendola despues con toda exâctitud, se tendrá en qualesquiera medidas la velocidad del viento, que durante un segundo de tiempo corresponde al determinado esfuerzo que señala el anemometro. Esta misma experiencia repetida con varios vientos, ó en las alternativas de mas y ménos fuerte de uno mismo, nos facilitará la formacion de una larga tabla, que establezca las velocidades del viento correspondientes á los esfuerzos que indique el anemometro.

Con el fin de fundar la eleccion que acabamos de hacer de los pequeños globos areostáticos para medir la velocidad del viento, extractaremos las siguientes reflexîones de un sugeto á quien hemos consultado en el asunto.

»Los cuerpos mas pesados que el ayre manifiestan próxîmamente »la velocidad media de las capas de dicho elemento que atraviesan »descendiendo; y los mas ligeros la media de las capas que atravie- »san elevándose: por esto es menester una cierta gravedad específi- »ca en el cuerpo para cada capa, si la velocidad de estas no es la »misma. La ventaja de los cuerpos mas ligeros consiste en que sien- »do muy corta su masa, reciben mas prontamente el movimiento que »el viento procura imprimirles venciendo su inercia. Por esta razon »un cuerpo de mucha gravedad específica seria enteramente inútil; »porque necesitaria, por exemplo, que el viento actuase sobre él 15′ »para tomar la misma velocidad, quando los igualmente ligeros que »el ayre pueden tomar casi toda la velocidad del viento, por exem- »plo, en 1′. Los cuerpos mas á propósito serán aquellos cuya super- »ficie es mayor respecto de la masa: y quizás por esta razon algu-

»nos cuerpos muy porosos, aunque mas pesados que el ayre, serian »preferibles á los globos areostáticos.

»Se debe tener cuidado en no empezar á contar el tiempo y dis»tancia caminada por el cuerpo desde que éste se arroja, sino algun »tiempo despues por las razones expresadas; de las quales sigue que »aunque el cuerpo fuese diez ó cien veces mas ligero que el ayre, »siempre tendria algunos instantes despues de haberlo soltado una »velocidad menor que el viento. Tambien sigue que, haciendo la ex»periencia con varios cuerpos á un tiempo, el que da mayor veloci»dad es el mejor."

150 Respecto á la exâcta reduccion del esfuerzo del viento en velocidad debemos advertir que, en igualdad de velocidades, la accion del viento puede variar sensiblemente, segun lo mas rarefacto que se halle por el calor, ó lo mas condensado que esté por el frio; porque los cuerpos que caminan con una misma velocidad, causan en los que chocan unos efectos, que crecen á medida que aumentan sus densidades. Ademas, el viento puede hallarse impregnado de mayor ó menor número de partículas de agua, lo que lo hace mas ó ménos denso, y lo constituye capaz de diversos esfuerzos. De esto mismo se puede inferir que para la perfecta reduccion de los esfuerzos del viento á velocidades, convendria entre otras cosas, que acompañase al anemometro un buen higrometro.

CAPÍTULO XX.

De los errores que pueden cometerse en el método ordinario de observar los abatimientos causados por solo el efecto del viento.

551 Hemos visto que la direccion del viento indicada por las grimpolas podia equivocarnos, no solo en el concepto formado de los objetos situados á nuestro barlovento y sotavento, sino tambien en el que, atenidos á dichos instrumentos, formasemos del número de quartas en que un buque puede ceñir el viento, y de las variedades de este último. Conseqüentemente á estos errores, manifestamos en los capítulos precedentes los modos de emendarlos: en este insinuaremos brevemente, el error á que puede estar sujeto el juicio que se forma del abatimiento ó deriva de un navio, por el método ordinario de observarlo. Aunque este punto pertenece á los tratados de navegacion, singularmente en la parte de la correccion de los rumbos,

y sus reducciones de aparentes á verdaderos, y al contrario, debe tambien tener lugar en nuestras reflexìones por lo que toca á la parte de maniobra. Un falso concepto de la deriva que tiene un buque puede guiarnos á varios precipicios, lisongeándonos de poder montar un cabo, ó un escollo inmediato, quando en realidad estamos muy léjos de hacerlo.

552 Quando un buque que navega divide el agua con fuerza por la parte de su proa, la impele tambien hácia los costados, y á medida que la embarcacion va adelantando, el fluido corre precipitadamente á llenar el lugar vacío que el barco dexa mediante su movimiento; despues formando varios remolinos, señala por la popa un largo rastro que indica el camino hecho. Este rastro que los Marinos llamamos *Estela*, subsiste todo el tiempo que las aguas conservan la agitacion que se les ha comunicado, y muchas veces se extiende hasta perderse de vista. La línea C E de la Lam. XVIII. fig. 147. nos representa la estela de que hablamos.

Supongamos que no hay corriente alguna, y que el navio B A navegue en direccion de su proa A. Represente C P la fuerza perpendicular que el viento V C exerce contra la superficie de la vela L S. Como la fuerza C P es obliqua á la quilla B A, comunicará dos movimientos al navio; uno de B para A, ó de popa para proa, y otro lateral ó perpendicular á la longitud de la quilla B A. En conseqüencia de esto, como vimos art. 438., el navio navegará en una direccion obliqua al rumbo B A, adonde pone la proa. Demos el caso que la línea C J nos represente dicha direccion obliqua. En tal caso el ángulo J C A nos representará el abatimiento ó deriva de la embarcacion en la circunstancia de que se trata. Pero como la línea C J, que indicamos en la figura, es la derrota que ha de hacer el navio, es claro que siendo una línea futura no podrá distinguirse en la mar, supuesto que aun no exìste; en compensacion se distingue la estela C E que es una prolongacion suya; y así basta medir el ángulo B C E con la aguja, el quartier ú otro instrumento, para concluir el abatimiento.

553 Si miéntras el navio B A de la Lam. XVIII. fig. 148. adelanta de C para J, se mueve la mar de C para N, en virtud de una corriente cuya profundidad abrace toda la parte sumergida de la embarcacion, resultará que al cabo de cierto tiempo, el buque en vez de hallarse en J, se hallará en el punto M mucho mas á sotavento á causa de la corriente de las aguas. Sin embargo como la estela se

forma en la superficie del mar, se hallará arrastrada lo mismo que el cuerpo del barco, y quando el dicho esté en M, la estela insistirá sobre la línea M N, por el mismo estilo que insistia sobre la línea J C E quando el buque estaba en C. En conseqüencia, el ángulo B C E medido en los términos insinuados, nos dará durante toda la derrota el abatimiento ocasionado por la fuerza del viento. En el artículo anterior (Lam. XVIII. fig. 147.) en que no supusimos corriente alguna, dicho ángulo B C E era el único abatimiento que se contraía en la derrota.

554 No sucede otro tanto, siempre que á causa de ser la corriente muy superficial y flotar la parte inferior de un buque sobre el agua tranquila, sufra la estela, que insiste en la superficie, mucho mas desvio hácia sotavento que no el cuerpo del navio. Demos por exemplo el caso extremo de la Lam. XVIII. fig. 149. en la qual, por la razon indicada, el buque C se halla arrastrado hasta el punto *n* por una corriente superficial, que durante el propio tiempo transfiere á N la estela C E; en cuyo caso la estela C E queda á sotavento de la quilla del navio, y manifiesta que este último en lugar de abatir, sale para barlovento. Si en igualdad de circunstancias navegan dos embarcaciones, la una que por su figura y mucho porte profundice sobremanera en el fluido hasta dar con las aguas tranquilas, y la otra que insista en las movibles, tendremos que los abatimientos marcados por ambas embarcaciones serán muy diversos.

555 La circunstancia de corrientes superficiales debe verificarse en la mar con bastante freqüencia; por floxo que sea el viento levanta alguna marejada que sigue la direccion del viento, y comunica su movimiento á la restante superficie de las aguas. Si el mismo viento subsiste mucho tiempo, el movimiento de las aguas se irá comunicando poco á poco de las capas superiores á las inferiores; por el contrario si el viento no está muy arraigado, ó es de pocos dias, el movimiento de la capa superior de las aguas no tiene lugar de comunicarse á las capas inferiores muy profundas; esto suele verificarse ordinariamente, quando advertimos aquel pequeño oleage que distinguimos con la voz de marejadilla. Mr. Bouguer halla tan preciso el contar con estas corrientes superficiales para las operaciones de la navegacion, que en el tratado de dicha facultad nos describe una nueva corredera, de cuya barquilla pende un peso que profundizando hasta las aguas tranquilas, constituye dicho instrumento excepto en una gran parte de los errores de la corredera ordinaria, y combi-

nado con esta última sirve para distinguir la direccion de las corrientes en muchas circunstancias. Semejantes investigaciones no son de nuestro asunto, y así nos reduciremos á indicar, el modo de conocer quando podemos tener seguridad en el ángulo de la deriva medido en la forma ordinaria, y quando no podemos contar sobre dicha operacion. Para el efecto nos valdremos de los mismos medios que el autor citado nos da en el cap. 2. de la seccion 2. del libro 3. de su *Manoeuvre des Vaisseaux*.

Dispóngase un peso qualquiera sujeto por una cuerda ó cabo, y colocándose en la popa para hacer la experiencia, sumérjase en el agua de una corta cantidad el peso ó plomo, que se supone esférico ó de otra figura regular. No hay duda en que el peso se hallará impelido con una fuerza correspondiente á la velocidad del buque, y al paso que la cuerda que suspende el peso se incline, indicará precisamente la misma direccion que la estela, supuesto que el peso que dicha cuerda sostiene, se hallará impelido en direcciones paralelas á la línea M N (Lam. XVIII. fig. 148.), segun las quales el navio se separa de las partículas de agua que lo circuían quando estaba en el punto C. Hecho esto, arríese desde luego la cuerda un poco, y dexando profundizar mas el peso, obsérvese si la direccion de la cuerda es la misma que ántes, ó si queda aun paralela á la estela. Si dexando profundizar el peso hasta el nivel de la quilla, se nota el mismo paralelismo de la cuerda con la estela, nos evidenciará, ó bien que las aguas están tranquilas como en la Lam. XVIII. fig. 147., ó bien que tanto las capas superiores como las inferiores comprehendidas hasta la quilla, participan del propio movimiento; y en tal caso el ángulo de la deriva que ocasiona el viento, será el mismo que se observa. Lo contrario debe entenderse siempre que lo mas profundo del peso destruya el paralelismo de la cuerda con la estela.

CAPÍTULO XXI.

Del camino que sigue el navio en virtud del viento que lo impele.

556 En los capítulos anteriores hemos hablado acerca de los movimientos de rotacion que toma el navio, y de los medios correspondientes para llamar su proa á barlovento y sotavento, hemos deducido aquellos que se deben adoptar para dirigir la proa á los rumbos propuestos. El variado manejo de las velas y timon, juntamen-

te con la alteracion de los pesos, han sido los agentes de que hemos echado mano para el intento. En este capítulo procuraremos tratar del verdadero camino que sigue el navio á causa del viento que lo impele, despues de haber puesto su proa á un determinado punto. Del conocimiento de este camino deduciremos, lo que el buque adelanta en el sentido de su quilla, lo que se llama velocidad directa; lo que camina lateralmente ó en sentido perpendicular á su longitud, qué se llama velocidad lateral ó deriva; y finalmente lo que sale á barlovento, en virtud de las leyes á que por solo el viento está sujeto en su derrota.

Todas estas investigaciones le son absolutamente necesarias al maniobrista para precaucionarse, y obrar decididamente en varias circunstancias. La ignorancia de la deriva ó velocidad lateral que tiene el navio, aun sin el concurso de corrientes y general influxo de las aguas, puede precipitarle en riesgos que imaginaba remotos á su parte de sotavento. Tambien el errado concepto de su velocidad á la parte opuesta, ó de aquello que barloventea, puede inducirle en iguales precipicios, lisongeándole de seguir un rumbo muy conveniente para evitar ó dar una caza, quando en realidad los medios adoptados para el efecto le son acaso contrarios. El timon, las velas y la carga, contribuyen segun su uso y alteraciones, al aumento ó diminucion de las velocidades consabidas; por consiguiente para que el marinero aumente ó disminuya estas últimas convenientemente á sus fines, haremos ver la inmediata dependencia que tienen de los agentes mencionados.

Represente A B (Lam. XVIII. fig. 150.) la quilla; A la popa; B la proa; L S la vela braceada obliquamente respecto á la quilla; M C la direccion y fuerza absoluta del viento obliqua á dicha vela. Segun lo insinuado en el capítulo de la composicion y descomposicion de las fuerzas (art. 45.), tendremos que el esfuerzo M C se podrá descomponer respecto á la vela, en el M F paralelo á su superficie, y en el F C que le es perpendicular; el primero resulta sin efecto como se ha visto, y el segundo es el relativo y único con que el viento procura mover la embarcacion. Como la vela L S es obliqua relativamente á la quilla, el esfuerzo F C perpendicular á la superficie de la vela, es obliquo á la longitud A B de la quilla. Por consiguiente si descomponemos la F C, en la N C y F N, la primera paralela, y la segunda perpendicular á la quilla, resultará que en virtud de la primera N C, el navio deberá adelantar en el sentido A B de su lon-

gitud, cuya velocidad hemos llamado directa; y en virtud de la segunda F N, deberá caminar perpendicularmente á A B, ó de costado, á cuya velocidad qualquiera que sea hemos llamado lateral ó de deriva. El navio pues impelido á la vez por dos fuerzas que obran en distintas direcciones obliquas, caminará por la diagonal del paralelogramo que se forme sobre dichas (art. 35.); y á esta tercera velocidad compuesta que resulta, se llama obliqua ó absoluta.

Supongamos que E D (Lam. XVIII. fig. 150.) represente el camino lateral que hace un barco, y C E el directo en un tiempo determinado. En virtud de las dos velocidades tendremos, que el navio al cabo de dicho tiempo deberá hallarse en D, y la línea C D nos manifestará su velocidad obliqua ó absoluta. Recíprocamente si esta última la representamos por C D, la C E y la E D serán la directa y la lateral que el buque ha contraido, durante el tiempo que empleó en transferirse de C á D.

557 Si en vez de suponer la vela L S braceada obliquamente á la quilla, la suponemos paralela y coincidente con la dicha, tendremos que la fuerza F C, perpendicular á la vela, lo será tambien á la longitud A B de la quilla. Por consiguiente todo el esfuerzo que en tal caso se empleará contra la superficie de la vela, será perpendicular á la quilla, y hará caminar el buque solamente de costado, resultando, en atencion á esto, cero ó ninguna su velocidad directa. Si por el contrario el ángulo que la verga forma con la quilla fuese recto: esto es, si braceasemos la vela L S perpendicularmente á la A B, la direccion F C, perpendicular á la vela, se confundiria con la misma quilla N C; y en el supuesto de que obrase de A para B, la velocidad del buque sería solo en este sentido directo, resultando cero la lateral ó de deriva. Estas dos advertencias nos bastan para concluir la dependencia que tienen dichas velocidades, de la sola disposicion de las velas relativamente á la quilla.

558 Si el diverso braceo de las vergas respecto á la quilla altera las consabidas velocidades, no ménos las alteran tambien las distintas direcciones segun las quales insiste el viento contra las velas. Si la tal direccion es perpendicular á la superficie de las dichas, todo el esfuerzo absoluto del viento M C, que obra contra las velas, se emplea en el movimiento de un navio. Muy al contrario sucede si el esfuerzo M C es paralelo á la L S, ó se confunde con la direccion de la verga; en tal caso el barco debe quedar inmovil en quanto á los esfuerzos del viento; pues el dicho solo sirve para hacer flamear las velas.

559 Para que en adelante podamos concluir la necesidad de un determinado ángulo que las velas deben formar, ya con el viento, ya con la quilla, á fin de que tome el navio su mínima deriva, ó el máxîmo de sus velocidades absolutas ó directas, observaremos en quanto á estas últimas, que en el caso de ser el viento perpendicular á la derrota, ó á la quadra, como dicen los marineros, si se bracean las velas paralelamente á la quilla, el navio solo caminará de costado atendiendo al viento, y al paso que se verificará su máxîma deriva, resultará ninguna su velocidad directa. Si en el propio supuesto de ser el viento á la quadra se bracean las velas en cruz, la direccion del viento paralela á la superficie de estas, las hará flamear, y en modo alguno contribuirá en esta parte al movimiento del buque, resultando por conseqüencia tambien ninguna, la consabida velocidad directa. Por consiguiente concluimos que siendo el viento á la quadra, en los dos casos extremos de disponer las velas perpendiculares, ó paralelas á la quilla, el camino que hace un navio directamente es ninguno; y así entre el ángulo de 0° y de 90°, que en ambos casos forman las vergas con la quilla, debe haber uno determinadamente que sea el mas ventajoso, para conseguir con el viento á la quadra la máxîma velocidad directa.

560 Para tener idea de lo que puede conducir al aumento ó diminucion de dichas velocidades, las alteraciones que se introduzcan en la estiva, importa considerar en la Lam. XVIII. fig. 150. que, debiendo vencer el buque lateralmente las aguas para caminar en este sentido, las resistencias que las dichas opondrán á su movimiento crecerán segun lo mas largo del costado; de suerte que si este, ó A B, fuese de infinita longitud, la resistencia de las aguas sería infinita, y el camino lateral, ó la deriva del navio ninguna. Por igual razon, si la proa presentase un obstáculo infinito á las aguas, el movimiento directo resultaria cero. En virtud de lo qual vemos, que ambas velocidades deben tener dependencia del objeto que presente un barco á las aguas, ya por su costado, ya por su proa. En la ordinaria construccion de las embarcaciones, los llenos de las proas de la línea de agua para arriba aumentan, al paso que los de los costados disminuyen; así cargando mas por igual un navio que se suponia en su conveniente línea de agua, resultará que las resistencias de su proa aumentarán en mayor razon que las de sus costados, y por consiguiente deberá disminuir por esto la velocidad directa.

Si en vez de cargar mas un barco lo alijamos, esta alteracion lo

hará inclinar mas en los balances, y de sus mayores inclinaciones resultarán alteradas las consabidas velocidades, como en adelante veremos; verificándose lo propio en el cambio de los pesos de abaxo para arriba, de proa á popa, y al contrario.

561 Insinuadas ya las causas que pueden alterar las velocidades directa y lateral, haremos ver la absoluta dependencia que tiene de estas, la velocidad con que un barco gana barlovento, en virtud de lo qual inferiremos que las propias causas que alteran las velocidades mencionadas, deben alterar esta última como á dependiente de ellas. Supongamos que la velocidad obliqua ó absoluta de un navio sea (Lam. XVIII. fig. 151.) M Q; en tal caso la lateral y la directa nos las representarán las líneas N Q y M N. Represente O M la direccion del viento, y M P la perpendicular á la dicha; tírese desde P la P N paralela al rumbo del viento, y desde Q la Q R perpendicular á esta última. Si el navio durante su marcha se hubiera trasladado de M á P, diriamos que habia navegado en la perpendicular del viento, ó que nada habia ganado hácia la parte de su orígen. Pero en el supuesto de hallarse en Q, y haber caminado segun la M Q, resulta que hallándose en la perpendicular del viento quando estaba en M, se halla al fin de su qualquiera derrota separado de la perpendicular del viento M P, y aproxîmado hácia su orígen, toda la cantidad P R. Si la deriva N Q, ó la velocidad lateral del navio fuese cero, habiendo caminado en virtud de su sola velocidad directa M N, en tal caso el barco hubiera ganado hácia barlovento toda la P N, y á proporcion de las distintas relaciones que tengan entre sí ambas velocidades, lateral y directa, variará esta tercera como anteriormente insinuamos.

562 Para ganar barlovento, ó adelantar algo hácia el orígen del viento, conviene muchas veces no prolongar mucho la bordada hácia un mismo rumbo. En tal caso se repiten las bordadas á uno y otro lado con mas ó ménos freqüencia, segun las circunstancias. Demos el supuesto que el viento sople de V para F, (Lam. XIX. fig. 152.) y que el navio puesto en F deba transferirse al punto V. Para esto podrá primero navegar segun la F X, y despues virando dirigirse segun la X D, y volviendo á virar hacer la derrota D V &c. Esto mismo se ve que se conseguiria en la Lam. XIX. fig. 153., con la sola diferencia de hacer mas culebreada la derrota, á causa de lo mas corto de las bordadas. Si la direccion del viento V F, nos representa al mismo tiempo lo largo de un canal encerrado entre las

dos costas M N y R S, se echa de ver desde luego que su angostura no permite el que se prolonguen mas las bordadas F X, X B, B D &c. Pero no por esto dexará de ganar barlovento un navio y de acercarse al punto V. El inconveniente que en tal caso resulta es el de las freqüentes viradas, que mantienen la tripulacion en un contínuo movimiento, pudiendo resultar muy bien que en la repetida execucion de dicha maniobra, se pierda una considerable porcion del barlovento ganado en el corto tiempo de la derrota.

563 Se vé claro que á medida que sea mayor ó mas abierto el ángulo V F X, (Lam. XIX. fig. 152.) que forma la derrota F X con la direccion del viento V F, la distancia F X, caminada en dicho rumbo, se separa tanto mas de la línea F V. De suerte que en el caso de navegar en la perpendicular del viento, nada se adelanta hácia el punto V de su orígen. Si por el contrario cerramos mucho el ángulo V F X, resulta que casi todo lo que se camina es para barlovento. Pero se debe notar que, á causa de la oblicuidad con que dá el viento contra las velas, el camino que hace el navio es muy corto y se necesita mucho tiempo para conseguir el fin propuesto. Supongamos que nos sea permitido poner la proa segun la F P, en la Lámina XIX. fig. 152. No hay duda en que para ganar la cantidad de barlovento F Z, se necesita caminar menor distancia que no en el caso de navegar segun la F X; pero tambien es igualmente cierto que disminuyendo la velocidad del navio por lo menor del ángulo V F P, se necesitarán acaso dos horas para llegar al punto P, quando la mitad del tiempo nos hubiera bastado para transferirnos al punto X y ganar la misma porcion de barlovento F Z. En conseqüencia de esto, siempre que llevemos la mira de ganar el posible barlovento con toda la brevedad que nos sea dable, no cabe duda en que vale mas barloventear formando un prudente ángulo con la direccion del viento, que no mantener el navio poco ménos que atravesado, á causa de ceñirlo con exceso. El absurdo que resulta de semejante práctica se manifiesta mas, en el caso de verificarse alguna corriente de las aguas hácia sotavento; porque entónces las aguas se llevan con todo su esfuerzo el buque casi inmovil. Excepto en las inmediaciones de las costas y otras partes donde una causa general influye en la direccion de las corrientes, es menester convenir en que las aguas conmovidas por el viento, siguen ordinariamente su direccion, á medida del mas tiempo y de la mayor fuerza con que el dicho las impele. En conseqüencia deben verificarse por lo general los

contrarios efectos de las corrientes que hemos insinuado.

564 Si en el caso de barloventear se dispusiesen las vergas paralelas á la quilla, resultaria, como vimos (art. 559.), la máxîma deriva, y cero ó ninguna la velocidad directa. Asimismo si las vergas se braceasen paralelas á la direccion del viento, las velas quedarian flameando, y el navio permaneceria inmovil. En ambos casos no puede ganar el buque el menor barlovento, y se deduce que entre los dos extremos de disponer las velas paralelas á la quilla, ó á la direccion del viento, hay un ángulo determinado, el mas propio para que el buque gane el posible barlovento. Lo mismo debe entenderse entre el caso de poner la proa á la perpendicular del viento, y el de dirigirla al mismo punto de su orígen. Así entre todos los ángulos que puede formar la proa con el viento desde 90° hasta 0°, hay tambien uno determinado que es el mas propio para ganar barlovento. Veremos en la explicacion de las fórmulas de D. Jorge Juan, la determinacion de los tales ángulos. Entre tanto importa hacer algunas reflexîones.

565 Supongamos que con un viento Este E N (Lam. XIX. fig. 154.) el navio puesto en N trate de transferirse al punto A, que le demora al rumbo verdadero del N. $\frac{1}{4}$ al N. E.; y demos el caso que el abatimiento considerado en la parte de proa sea el ángulo A N O de una quarta. Es claro que para conseguir el fin propuesto, el buque debe navegar segun la N O: esto es, debe poner su proa al N. N. E. formando con la direccion del viento Este E N, un ángulo de 6 quartas, ó de 67° 30′. Tirada la P N perpendicular al viento, se vé que el punto A queda á barlovento del navio supuesto en N, el qual para llegar al punto A debe ganar la porcion de barlovento N B. Esto lo consigue navegando segun la N O; y así es claro que para que un buque colocado en N llegue al punto A con toda la brevedad imaginable navegando de bolina, solo se trata de correr segun la N O con la mayor velocidad.

No sucede otro tanto siempre que con un viento V F (Lam. XIX. fig. 152.), deba un navio puesto en F ganar el barlovento á otro que le demora al rumbo F V, formando un ángulo recto J F V con la F J perpendicular al viento. En este y otros casos semejantes, no solo se trata de correr con la máxîma velocidad segun la F X, sino de formar el tal ángulo V F X de modo que lo caminado segun la F X, le dé el mayor adelantamiento posible en el sentido de la direccion del viento V F. En conseqüencia se dexa ya ver que nave-

gando de bolina con viento escaso, es muy distinta la circunstancia de dirigirse á un punto como A de la Lam. XIX. fig. 154., hácia el qual se puede poner la proa, de la de adelantar hácia el orígen del viento V, como en la Lam. XIX. fig. 152. Es verdad que para el primer caso importa ganar barlovento, pero este fin secundario es ya conseqüencia de la derrota que se hace, y solo se trata de navegar en ella con la posible velocidad. En el segundo no solo debemos tratar de que la distancia navegada al rumbo F X resulte un máxîmo sino de que este máxîmo sea el que nos dé el mayor adelantamiento en el sentido F V. De estas leves reflexîones debemos ya inferir que han de ser distintos los ángulos que las vergas deben formar, con el viento y con la quilla en el caso de navegar de bolina, segun que se trate de caminar con la mayor velocidad directa, ó de grangear todo lo posible hácia barlovento.

CAPÍTULO XXII.

Del exâmen de las fórmulas de D. Jorge Juan relativas al particular influxo de los distintos braceos de las vergas, direcciones del viento y disposicion de la estiva en las velocidades de un buque.

566 Habiendo manifestado la dependencia que tienen las velocidades de un buque, de las velas, manejo del timon, fuerza del viento y alteraciones introducidas en la estiva, pasaremos á averiguar en las siguientes fórmulas que dá D. Jorge Juan en el 2.° tomo de su Exâmen Marítimo, el particular influxo que tiene cada una de las causas anteriores en las velocidades del navio, y el modo conveniente de manejarse para conseguir el fin que cada uno se proponga. Dichas fórmulas son las quatro que se expresan en la Lam. A. Las fórmulas del N.° 2.° son las mismas del N.° 1.°, con la sola diferencia de haber substituido sen. γ cos. β — cos. γ sen. β en vez de sen. α. En efecto el ángulo que forma el viento con la proa de un buque quando navega, se compone del que forman las vergas con la quilla contado desde proa, y del que forma el viento con las mismas vergas. Por consiguiente segun las siguientes denominaciones $\gamma = \alpha + \beta$. y $\alpha = \gamma - \beta$. Por lo tanto sen. α = sen. $(\gamma - \beta)$; y como consta por las fórmulas trigonométricas, y se deduce de los principios de la trigonometría rectilinea, sen. α = sen. γ cos. β — cos. γ sen. β. La primera u indica la velocidad directa; la segunda v la lateral; la

tercera w la oblicua; la quarta W la velocidad con que se sale á barlovento.

567 Lo primero que debemos practicar es, imponer á nuestros lectores en la significacion de todos los caracteres que componen dichas fórmulas: G es $= \frac{\text{sen.} \frac{1}{2}(\Pi - \pi)}{A r. \frac{1}{2}(\Pi - \pi)}$. Π es el ángulo O K P que en la Lam. XIV. fig. 114. forma la direccion del viento P K con la línea K O, que es una tangente levantada en el extremo K de la parte de sotavento de la vela. π indica el ángulo que la misma direccion del viento A N forma con la otra tangente A O levantada en el otro extremo de barlovento. $\delta = \frac{1}{2}(\Pi + \pi) - \alpha$, el qual α es igual al ángulo que la verga forma con el viento. A^2 manifiesta la superficie de velas con que se navega. R las resistencias del costado. r las mismas de la proa. γ indica el ángulo que el viento forma con la quilla contado de proa para popa. β el ángulo que las vergas forman con la quilla.

568 En dichas fórmulas el término cos. γ sen. β se halla con el signo negativo —: quiere decir, que se debe restar. Esto debe efectuarse para tener el valor de dichas velocidades, siempre que el ángulo γ sea agudo; lo qual se verifica desde la posicion de la mas rigurosa bolina hasta la de navegar con viento á la quadra. Para que las mismas fórmulas sirvan para el caso de navegar á un viento largo, basta transformar la cantidad — cos. γ sen. β, en + cos. γ sen. β: esto es, sumar dicho término, siempre que se navegue desde la posicion de estar el viento á la quadra hasta la de estar en popa. En efecto desde el ángulo que forma el viento con la proa en el caso de la bolina cerrada, hasta la quadra ó 90°, resulta que $\gamma < 90°$, y cos. γ es positivo; por consiguiente debiéndose restar el término + cos. γ sen. β, es menester cambiar el signo y hacerlo para los ángulos mencionados — cos. γ sen. β, como expresan las fórmulas. En los casos del viento largo en que $\gamma > 90°$, cos. γ es negativo; y el término insinuado resulta — cos. γ sen. β; por lo tanto debiéndose restar, se habrá de cambiar el signo haciéndolo + cos. γ sen. β. Con esta advertencia substituyendo en dichas fórmulas los valores de las cantidades que representan, podremos tener las correspondientes velocidades de la embarcacion en los varios casos de la práctica, como veremos mas adelante.

569 Sentado esto, lo primero que se ofrece respecto á dichas fórmulas es que, como las consabidas velocidades están representa-

das por un quebrado, las tales serán mayores, quanto mayores fuesen los numeradores y menores los denominadores de los quebrados. La cantidad V, que indica la velocidad ó fuerza del viento, se halla solo en los numeradores; de donde se infiere á primera vista, que todas las velocidades deben aumentar segun refresque el viento, en igualdad de todas las circunstancias. Pero no sucede absolutamente así; porque segun refresca el viento, debe variar la cantidad $\frac{\text{sen.} \frac{1}{2}(\Pi - \pi)}{Ar. \frac{1}{2}(\Pi - \pi)} =$ $= G$, que como vimos en la teórica de las velas (art. 394.) depende de la fuerza del viento. Porque la fuerza de éste aumenta Π y disminuye π; y como los arcos crecen en mayor razon que sus senos, se sigue que el denominador del valor de G crece mas respecto al numerador, y por consiguiente G disminuye. Luego aumentando V, ó la fuerza del viento, G disminuye; y como G multiplica todos los términos del numerador, y solo parte de los del denominador, se sigue que su diminucion disminuirá las velocidades. Por consiguiente no se podrá decir, que las antedichas crecen á medida de los aumentos del viento. δ Aumenta tambien segun aumenta el viento, y como dicha cantidad es substractiva en todo el numerador, y solo en parte del denominador de las tres velocidades, directa, oblicua y de aquella con que se gana barlovento, se sigue que en dichas tres velocidades el numerador disminuye mas que el denominador, y así tambien por esta segunda razon debemos concluir, que á medida de lo que aumenta el viento, no pueden aumentar las dichas tres velocidades del navio.

570 En la velocidad lateral v debemos considerar, que todo el numerador se halla multiplicado por cos. $(\beta - \delta)$, y que este término será mayor, segun fuere menor la cantidad contenida en el paréntesis; porque los menores ángulos son los que tienen mayor coseno: así el aumento de δ que disminuye las tres velocidades de que acabamos de hablar, aumenta la lateral; por consiguiente como el aumento del viento hace crecer á δ, se sigue que refrescando el viento dicha velocidad debe aumentar con mayor razon.

571 La cantidad A^2, que manifiesta la superficie de las velas con que se navega, multiplica todos los términos del numerador, y solo algunos del denominador. Por consiguiente hablando en general se debe inferir, que todas las quatro velocidades aumentan á medida del mayor número de velas de que se hace uso. La voz general limita desde luego la verdad de esta proposicion en algunos casos particulares, en los quales la adicion de una vela de la parte de proa ó de popa, destru-

y e el equilibrio con que se navegaba con solas las primitivas sin el auxîlio del timon; y siendo necesario su uso en este último caso para seguir un rumbo determinado, sirve de obstáculo para todo movimiento directo; y las velocidades de un buque disminuyen por la indiscreta adicion de una vela que destruye el equilibrio establecido entre las demas.

572 Los valores de G y de δ, como vimos en la teórica de las velas (art. 394.), varian segun la diferente curvidad de las velas; la curvidad depende de la mayor ó menor tension de la vela, y de la calidad del lienzo. Por consiguiente quanto mas fuerte y tupida sea la vela, y quanto mas tirante se disponga, disminuirá su curvidad y aumentarán las velocidades directa, oblicua y con que se sale á barlovento, disminuyendo la lateral, ó la que constituye la deriva. Esta verdad es de sumo interes para hacernos ver principalmente quanto conviene para las ventajas de la navegacion, el corte de las velas que las disponga mas tirantes en el acto de estar mareadas.

573 Acabamos de ver que la mayor anchura de las velas y lo mas fuerte del viento, hacen crecer la diversa curvidad de aquellas, y por consiguiente el ángulo δ, cuyo aumento origina mayor deriva. Las velas mayores son mas anchas que las gávias, y al mismo tiempo las únicas de que se hace uso en un recio viento. En conseqüencia en semejante circunstancia debe crecer δ y la deriva por ambas razones. Pero de aquí no se debe inferir que las gávias son mas á propósito que las mayores para mantener el barco á barlovento. En efecto el centro de los esfuerzos de las gávias reside en un punto de mucha mayor elevacion sobre el centro de gravedad que el de las velas mayores; y por consiguiente aquellas contribuirán á tumbar el barco mucho mas que estas últimas, y la inclinacion de un buque hácia sotavento es contraria para ganar barlovento, como veremos (art. 577.). Si la experiencia acredita mayor deriva quando usamos de solas las mayores, que en el caso de valernos de las solas gávias, es sin duda porque quando hacemos uso de estas últimas, no es el viento tan fuerte como en las ocasiones de valernos de las mayores; y no puede haber perfecta comparacion entre los efectos de ambos aparejos, cesando la igualdad de circunstancias.

574 La cantidad R, ó la resistencia del costado, se halla en la fórmula u de la velocidad directa en todo el numerador, y solo en parte del denominador. Luego el aumento de R aumentará el valor del quebrado: quiere decir, que la mayor resistencia del costado contribuirá á aumentar la velocidad directa. En la misma fórmula de

la velocidad directa, r, ó la resistencia de la proa, solo se halla en el denominador. Por consiguiente su diminucion aumentará el valor del quebrado, y así la menor resistencia de la proa contribuirá al aumento de la tal velocidad.

575 Segun lo dicho en el capítulo de la estabilidad, un buque mas alijado tumba ó se inclina mas, y en la inclinacion sumerge mayores llenos por la parte de sotavento de su proa; en virtud de lo qual aumentará r, ó la resistencia de la proa, y disminuirá la velocidad directa. * Á esto se debe referir lo que observó el Teniente General de la Real Armada D. Joseph de Mazarredo relativamente al andar de las fragatas Santa Brigida y Santa Casilda, en la campaña de pruebas del año de 1785.

»La Santa Brigida sin la menor duda hace alguna ventaja á la »Santa Casilda especialmente de bolina con vientos frescos, efecto »únicamente de lo mas baxo de su centro de gravedad; ni han falta»do dias en que la Santa Casilda ha salido mas de bolina con vien»tos bonancibles, y ha aventajado á un largo, lo que prueba que »son dos fragatas iguales para andar, quando no ocurre el impedi»mento hácia el qual es la una mas propensa que la otra. La Santa »Casilda tumba extraordinariamente: el 10 de Agosto llevaba los »cañones baxo del agua; es verdad que estaba ya con un alijo de 7 »á 8 pulgadas, pero desde principio de campaña su escora era dos »pies mas alta que la de la Santa Brigida, no obstante que esta salió »tres pulgadas mas boyante.“

576 En la expresion de la velocidad W, con que el navio sale á barlovento, se halla r, ó la resistencia de la proa, en el sentido negativo en el término del numerador en que entra. En el denominador se halla negativo en el primer término, y positivo en el segundo. De modo que quando el término negativo del numerador es igual al positivo, dicho quebrado ó la tal velocidad W es ninguna. Para ver quando esto se verificará recurramos á la expresion primitiva de W. El numerador de dicha es como se vé (N.° 1.°). Luego siempre que $R. \cos. \gamma. \operatorname{sen}. (\beta - \delta)$, que es el un factor positivo, sea igual á $r. \operatorname{sen}. \gamma. \cos. (\beta - \delta)$, que es el negativo, la fórmula se reduce á cero. Hagamos la equacion para deducir que valor debe tener r para que el navio no salga cantidad alguna á barlovento.

* Vease ademas en los art. 671. y 672. del cap. 25., la otra causa que influye en la diminucion de velocidades de los buques en el caso de su inclinacion.

$R.\cos.\gamma.\text{sen}.(\beta-\delta)=r.\text{sen}.\gamma.\cos.(\beta-\delta)$: y $r=\frac{R.\cos.\gamma.\text{ sen}.(\beta-\delta)}{\text{sen}.\gamma.\cos.(\beta-\delta)}$; pero $\frac{\cos. N}{\text{sen}. N}=\cot. N$, y $\frac{\text{sen}. N}{\cos. N}=\tan. N$: esto es, que la tangente de un arco qualquiera N es $=$ á su seno partido por el coseno, y la cotangente al contrario, como nos consta por la trigonometría. Luego tendremos $r=R.\cot.\gamma\times\tan.(\beta-\delta)$; pero las tangentes están en razon inversa de sus cotangentes; luego la expresion $\frac{R\cos.\gamma\text{ sen}.(\beta-\delta)}{\text{sen}.\gamma\cos.(\beta-\delta)}$, se convierte en $r=\frac{R\tan.(\beta-\delta)}{\tan.\gamma}$. Luego para que un navio gane barlovento importa que $\frac{R\tan.(\beta-\delta)}{\tan.\gamma}>r$; ó lo que es lo mismo, que la cantidad $\tan.(\beta-\delta)>\frac{r\tan.\gamma}{R}$. Subsistiendo pues constantes los ángulos β y δ, se sigue que el navio saldrá á barlovento, segun lo menor que sea el tal quebrado: quiere decir, segun aumenten las resistencias del costado, y disminuyan las de proa.

577 Visto esto, á qualquiera se le podria presentar la idea de disminuir en su navio las resistencias de la proa y aumentar las de los costados, para hacer que su buque barloventease mas en el empeño contra una costa &c. Hemos dicho que la ordinaria figura de las embarcaciones es tal que, el volumen de sus proas de la línea de agua para arriba, aumenta en mayor proporcion que el de los costados. En virtud de lo qual, para disminuir la resistencia de la proa en mayor razon que la del costado, en un buque que se hallase por igual en algun mayor calado del correspondiente á su ordinaria línea de agua, parece que convendria alijar el navio; pues aunque por medio de esta disposicion se suspendiese por igual, el volumen suspendido de la parte de proa sería proporcionalmente mayor que el del costado; luego conseguiriamos la proyectada diminucion de las primeras resistencias y el aumento de estas últimas. No obstante esto, jamas conviene comunmente semejante práctica. En efecto sabemos ya por lo dicho en el capítulo de la estabilidad (art. 426.) que un buque mas alijado, tumba ó se inclina mas; en la inclinacion sumerge mayores llenos en la parte de sotavento de su proa, y así léjos de disminuir r la aumentamos. Segun esto, para salir á barlovento convendrá el que un buque no tumbe. En el capítulo de la estabilidad (art. 426.) vimos que esta podia aumentar sin sumergir mas la

embarcacion, trasladando baxo la línea de agua los pesos que estaban encima: como, por exemplo, metiendo en la bodega el total ó parte de la artillería. Así convendrá tener presentes dichos medios que aumentan la estabilidad, para estar seguros de lo util de su práctica, quando lo exîjan los empeños contra una costa, y otros casos en que interese ganar para barlovento.

578 Conviene advertir que quando el viento no es muy fuerte y la mar está llana, de suerte que los barcos pueden navegar tranquilos en las respectivas líneas de agua prescriptas en su construccion, en tal caso los xabeques, galeras y otros buques cuyas proas son extraordinariamente agudas respecto á las de los navios de línea; gozan en esta parte de las ventajas que indicamos para ganar mucho barlovento, y caminar directamente con gran velocidad. Pero quando las cabezadas son extraordinarias por razon de la mar y viento, entónces dichas embarcaciones pierden con desproporcion las ventajas de que acabamos de hablar, á causa de lo mas que sumergen las proas relativamente á los grandes navios. Esta verdad la manifiesta diariamente la experiencia, y es general la costumbre de expresarla diciendo, que la mucha mar ahoga las embarcaciones pequeñas.

579 Si en vez de G, de A^2, de R, de r, y de las demas cantidades que entran en la expresion de dichas velocidades, substituimos sus valores, nos resultará la velocidad que debe tener el navio con determinados vientos. Supongamos, por exemplo, que se navegue viento en popa, y consideremos en la primera expresion de las velocidades (N.° 1.°) la fórmula de la velocidad directa. Sen. α, ó del ángulo que el viento forma con la verga, se sabe que en este caso es $= 1$, por ser recto dicho ángulo: δ vimos hace poco que era igual á $\frac{1}{2}(\Pi + \pi) - \alpha$ (art. 567). Π y π son los ángulos que las tangentes tiradas á los dos extremos de la vela forman con la direccion del viento; los tales ángulos vimos en el art. 396. que son suplemento el uno del otro, y por consiguiente $\Pi + \pi = 180$; así $\delta = \frac{1}{2}(\Pi + \pi) - \alpha = \frac{1}{2}(180) - 90 = 0$. Sen. β, ó del ángulo que las vergas forman con la quilla en el caso supuesto de navegar en popa, es $= 1$, porque dicho ángulo es recto. G hemos visto hace poco que era igual á $\frac{\text{sen. } \frac{1}{2}(\Pi - \pi)}{\text{Ar. } \frac{1}{2}(\Pi - \pi)}$. En el caso del viento en popa, como se echa de ver en la Lam. XIV. fig. 115., el ángulo $NAB = \pi$, que forma la direccion del viento A N con la tangente A B al extremo A de la vela, es suplemento del otro $KPB = \Pi$. Por consiguien-

te $\Pi = 180 - \pi$. Luego substituyendo $180^\circ - \pi$ en vez de Π, resulta la anterior expresion ó $G = \frac{\text{sen. } \frac{1}{2}(180^\circ - 2\pi)}{\text{Ar. } \frac{1}{2}(180 - 2\pi)} = \frac{\text{sen. }(90^\circ - \pi)}{\text{Ar. }(90^\circ - \pi)}$. Pero en el caso de ser el viento en popa y muy floxo, como se supone en el acto de llevar todo aparejo, las velas pueden considerarse casi planas, y entónces las tangentes A B y B P se confunden próxîmamente con los brazos A O y P O de la misma verga. Por consiguiente el ángulo π resulta de cerca de 90°. Hagámoslo, por exemplo, de 89° 30′; tendremos la expresion $\frac{\text{sen. }(90 - \pi)}{\text{Ar. }(90 - \pi)} = \frac{\text{sen. } 30'}{\text{Ar. } 30'}$. Pero los senos de los arcos muy pequeños se confunden con los arcos, ó al contrario; luego la anterior expresion resultará $\frac{\text{sen. } 30'}{\text{sen. } 30'}$, ó bien $\frac{\text{Ar. } 30'}{\text{Ar. } 30} = 1$. Luego en el caso del viento en popa y muy floxo $G = 1$.

Así siendo $\delta = 0$; β, α, G, iguales á 1, todo el numerador de la tal fórmula se reducirá á $A^2\ R\ V$; por la misma razon que sen. $\beta = 1$, y cos. $\delta = 1$ quedará el denominador $A^2\ R + 20\ r\ R$; luego todo el valor de la velocidad directa navegando viento en popa es $= \frac{A^2\ R\ V}{A^2\ R + 20\ r\ R}$; y dividiendo numerador y denominador por R resulta $\frac{A^2\ V}{A^2 + 20\ r}$. Supongamos que A^2, ó la superficie de todas las velas, valga 12950 pies, y que r, ó las resistencias de la proa valgan 294 pies, tendremos $u = \frac{12950\ V}{12950 + 5880} = \frac{12950\ V}{18830}$; ó próxîmamente igual $\frac{69\ V}{100}$; de suerte que si la velocidad del viento corriese 10 pies por segundo, el navio caminaria en un segundo 6 pies y $\frac{9}{10}$ de pie, lo que equivale á 4 millas y $\frac{1}{7}$ de milla por hora; variando la velocidad ó fuerza del viento, variará tambien la del navio.

580 Acabamos de ver el modo de hallar la velocidad directa que toma una embarcacion navegando viento en popa; substituyendo en dicha fórmula y en las otras tres restantes los valores de A^2, de R, de β y de las cantidades que incluyen, correspondientes á los varios casos que se ofrecen en la práctica, tendriamos las consabidas velocidades que toma un buque navegando con determinadas velas, ya fuese de bolina, ó con viento largo, &c. Haciendo uso del anemometro, descripto (art. 543.) para conocer la fuerza del

viento, sabriamos la cantidad que deberiamos substituir en lugar de V; y de la substitucion concluiriamos las velocidades que con el tal viento, y demas circunstancias de nuestra navegacion, debia tomar el buque. Un prolixo cuidado acerca de lo que camina la embarcacion, podria asegurarnos en muchas circunstancias de la exâctitud de las fórmulas, viendo si las velocidades calculadas por medio de aquellas correspondian á las que nos daba la práctica.

El objeto de un navegante no debe ser solo el de transferirse de unos parages á otros. Quantas observaciones le presenten los elementos con quienes lucha, relativas al adelantamiento de la facultad que profesa, deben merecer su consideracion. Por consiguiente no parece que estaria demas la formacion de unas tablas particulares á cada buque, las quales incluyesen las resistencias de su costado, las de su proa, la superficie de cada vela, la particular elevacion de sus centros sobre la línea de agua, y otras particularidades; cuya substitucion, tanto en las fórmulas de que acabamos de hablar, como en otras de que hablaremos en adelante, nos proporcionase confirmar con la experiencia los trabajos teóricos y prácticos de los grandes Geómetras, y singularmente de nuestro D. Jorge Juan.

No obstante esto, refiriéndonos á las velocidades debemos confesar, la imposibilidad casi absoluta que ofrece la práctica de la navegacion para poder verificarlas y adaptar rigurosamente su uso. En efecto, las resistencias del costado y proa solo pueden hallarse para determinadas líneas de agua; y así para que su substitucion fuese la cantidad que realmente es, importaria que el barco navegase en mares enteramente tranquilos, debiendo ademas caminar en ellos el buque perfectamente á nivel. Para todas otras circunstancias de repetidas olas, diversas inclinaciones, y continuos balances y cabezadas, que realmente se experimentan en las navegaciones mas tranquilas, no pueden substituirse exâctas cantidades que correspondan á tan variadas resistencias como el navio sufre, aun en el corto intervalo de un minuto de tiempo. *

* A esto se debe añadir, que en el fundamento del cálculo de estas mismas resistencias omitió nuestro autor (como advierte D. Pedro Henrri en el art. 106., y en la parte Hidráulica de sus Consideraciones Físico-Matématicas) el efecto de la presion de la atmósfera: en virtud de la qual la fuerza con que procura salir el fluido por un orificio ya no es proporcional á $8\sqrt{a}$, sino á $8\sqrt{a+34}$: esto es, á la raiz de la altura a de la superficie del fluido sobre la del cuerpo sumergido, mas 34 pies.

Esta elevacion de 34 pies de agua expresa el peso de la atmósfera en pies Ingleses, que es la medida que usa D. Jorge Juan en su Exâmen Marítimo. En pies de Burgos equivaldria á 37 pies y $\frac{1}{2}$: y conviene advertir que los 32 pies que se han contado en el cap. X. de las bombas son Franceses.

581 Habiendo exâminado en grande las fórmulas indicadas, pasemos á reflexîonar otras particularidades concernientes á los ángulos mas ventajosos que conviene hacer formar al viento con las velas, á estas con la quilla, y á esta última con el viento, á fin de conseguir las mayores velocidades respectivas; conocimiento á la verdad el mas util de quantos pueda adquirir el marinero relativos al ramo de maniobra, ya para libertarse de un riesgo quando importa barloventear lo mas que es posible, ya á fin de alcanzar al enemigo ó burlar su caza, navegando del modo mas propio para obtener uno y otro.

Por poco que reflexîonemos acerca de las consabidas fórmulas veremos, por exemplo, en la primera expresion de la velocidad directa u (N.° 1.°) que si sen. α es $= 0$: esto es, si las velas están orientadas al filo del viento, el barco no caminará; y en efecto siendo sen. $\alpha = 0$, todo el numerador es $= 0$. Tambien si sen. $\beta = 0$: esto es, si las velas estuviesen braceadas paralelamente á la quilla, la velocidad directa sería ninguna; porque tambien el numerador de la fórmula sería $= 0$; pero en todas las situaciones intermedias que podemos dar á las velas, es cierto que u ó la velocidad directa tendrá un determinado valor; por consiguiente despues de su ningun valor que resulta suponiendo que las velas estén paralelas á la quilla, irá aumentando la velocidad á medida que vayan formando mayor ángulo con dicha quilla; pero esto será hasta un cierto punto, en el qual tendrá la máxîma velocidad: pasado este término, el valor de u disminuirá. Todo esto quiere decir, que las embarcaciones admiten un determinado ángulo β que constituye su máxîmo andar directo. Usando de la doctrina de los máxîmos y mínimos se sabe, que el método de hallar esta máxîma velocidad consiste en diferenciar la equacion, é igualar dicha diferencial á cero; el valor pues que resulta de dicha operacion para el tal ángulo β, es como indica la fórmula del art. 360. del segundo tomo del Exâmen Marítimo de D. Jorge Juan (Lam A. N.° 3.°). En la diferenciacion de la fórmula se ha supuesto el ángulo γ, ó que el viento forma con la quilla, constante; y el δ lo mismo. Quiere decir, que se ha buscado el ángulo β mas favorable que corresponde navegando á un rumbo propuesto con determinado viento. Baxo la letra Q, se ha comprehendido la cantidad $GA^2 (R - r)$, y baxo la F, la $r (GA^2 \cos. \delta + 20 R)$.

582 En el caso de ser el viento largo se debe usar del signo positivo en el segundo término de dicha fórmula, y en el de ser el viento

escaso del negativo. Baxo la expresion de viento largo se comprehenden todos los ángulos que el viento puede formar con la quilla desde la posicion de estar á la quadra, hasta la de estar á popa, en todos los quales se verifica que $\gamma > 90°$. Baxo el viento escaso se incluyen todos los ángulos contados desde la posicion de formar el viento con la quilla, principiando por la proa, el ángulo de 65°, que es el caso en que se navega de bolina, hasta la de navegar con viento á la quadra; en cuyo intermedio se verifica el que $\gamma < 90°$. La razon del doble signo que precede al segundo término de la fórmula y del uso que acabamos de establecer consiste, en que dicho término se halla naturalmente afectado del signo $-$; quiere decir, que se debe restar, y como en las circunstancias del viento largo en que $\gamma > 90°$, $\cos.(\gamma + \delta)$ es negativo, resulta que habiéndose de restar importa cambiarle el signo y valerse de $+ F \cos.(\gamma + \delta)$. Por el contrario quando el viento es escaso, $\gamma < 90°$, y $\cos.(\gamma + \delta)$ resulta $+ \cos.(\gamma + \delta)$, y debiéndose restar debemos cambiar el signo y usar de $- F \cos.(\gamma + \delta)$.

583 Considerando dicha fórmula lo primero que se advierte es, que el valor del ángulo que las velas deben formar con la quilla depende de las cantidades Q y F, ó de sus iguales $G A^2 (R - r)$, $r (G A^2 \cos. \delta + 20 R)$. Esto quiere decir, que dependerá el tal ángulo de las distintas resistencias del costado y de la proa; y como las dichas deben variar prodigiosamente en las embarcaciones segun su distinta construccion, se sigue que navegando á un propio rumbo con igual viento diversos buques de una esquadra, no en todos ellos se deberán bracear las vergas con igual obliquidad respecto á la quilla. Este reparo léjos de estar demas, es esencialísimo en varias circunstancias, entre las quales puede contarse la de una campaña donde se pretendan probar buques de distinta construccion. En efecto, podia ocurrirle al Xefe de la dicha esquadra, hacer bracear las vergas de todos los buques que la componen con igualdad á las suyas, para que las diversas propiedades de cada buque resultasen despues de una perfecta comparacion. No obstante correspondiendo á cada buque diverso ángulo segun sus diversas resistencias de costado y proa, se seguiria de dicha uniformidad, que si unos tenian dispuesto el aparejo con toda la posible ventaja, otros carecerian de ella. Tambien los diversos valores de A^2, ó la distinta superficie de velas que se presente, variará el valor del consabido ángulo. Luego un ángulo deberán formar las vergas con la quilla navegando con todo aparejo, y otro quando se navegue con la mitad ó sola parte de él.

584 En el caso de estar el viento perfectamente á popa, el ángulo que el viento forma con la quilla contado desde proa representado por $\gamma = 180°$; y $\delta = \frac{1}{2}(\Pi + \pi) - \alpha$ resulta como vimos (art. 396.) $= \frac{1}{2}(180°) - \alpha$; pero α ó el ángulo de la verga con el viento es en tal circunstancia $= 90°$, luego $\delta = 90° - 90° = 0$. Tambien sen. $\gamma =$ sen. $180° = 0$. Por consiguiente todo el denominador que se halla multiplicado por sen. γ y sen. $(\gamma + \delta)$ se reduce á cero; y como una cantidad dividida por cero resulta infinita, tang. β resultará $= \infty$; ó lo que es lo mismo, el ángulo que las vergas deben formar con la quilla representado por $\beta = 90°$. Quiere decir, que en el caso de navegar viento en popa, se deben bracear las vergas en cruz ó perpendiculares á la quilla para obtener la máxîma velocidad directa. Esto mismo es lo que se observa en la práctica.

585 D. Jorge Juan substituye en dicha fórmula los valores particulares de las cantidades que la componen, y halla para los rumbos en que se navega, ángulos distintos de los que se acostumbran observar en la práctica. En el caso de navegar á viento largo con un ángulo γ, ó del viento con la quilla, de 134°, concluye D. Jorge Juan por la substitucion de las cantidades que componen la fórmula, que el ángulo β, ó que las vergas deben formar con la quilla llevando todo aparejo, ha de ser de solos 50° — 11′; quando la práctica ordinaria es de hacerlo de 70°. Entre las velocidades que puede tener el viento desde los 15 hasta los 25 pies por un segundo de tiempo, concluye que se caminará con mucha mas ventaja usando del ángulo de 50° 11′ que no valiéndonos del de 70°.

586 En el caso de navegar de bolina con viento floxo y con todo el aparejo que permite el tal rumbo, concluye que las vergas debian formar con la quilla, en el navio de 60 cañones que le sirvió de exemplo, un ángulo de solos 27° 48′. Todo el mundo conoce la imposibilidad de formar el tal ángulo en las embarcaciones que llevan aparejo redondo, pero esta cesa en las que usan velas latinas; y aun en las primeras varios arbitrios nos facilitan aproxîmarnos algo á la formacion del tal ángulo; tales son, el de usar las trozas para la sujecion de las vergas, y acaso el de dexar algo en banda los obenques proeles de las respectivas xarcias de sotavento. Esta disposicion contraria á la seguridad de los palos en otras circunstancias, no debe serlo en esta de que se trata; porque justamente corresponde formar dicho pequeño ángulo en el caso de ser el viento bonancible, que es quando se puede llevar todo aparejo, y entónces hay lugar para po-

der tesar de nuevo los obenques si el viento refresca. * Estas observaciones son muy familiares á nuestra Oficialidad, y la substitucion de las trozas á los racamentos para conseguir el bracear mas las vergas, se observa en el armamento de los buques.

Conseqüentemente á esto copiaremos el siguiente párrafo del informe del navio San Ildefonso dado por el Teniente General de la Real Armada D. Joseph de Mazarredo en la campaña de pruebas del verano de 1785.

„Desde el puerto hice quitar en este navio San Ildefonso las dri„zas de las vergas mayores, dexando suspendidas estas solo sobre „dos amantes de gancho; al principio de la campaña, ni el S. Juan „Nepomuceno, ni las fragatas, podian ceñir lo que el San Ildefon„so, hasta que despasaron las drizas y dexaron las vergas solo so„bre bozas. Así ha hecho la esquadra tales diligencias de bolina; „y teniendo las vergas sobre sus drizas ordinarias, hubiera orza„do tres ó quatro grados ménos, y con el aparejo ménos bien pre„sentado."

587 Podrá ocurrirle á alguno, que la formacion de unas tablas que nos diesen los distintos valores de las resistencias de la proa, del costado y de las demas cantidades que componen la fórmula, sería util para concluir segun las circunstancias, el ángulo que las vergas deben formar con la quilla. No obstante esto tenemos aquí el mismo inconveniente que advertimos en el art. 580. de este capítulo; los balances, las cabezadas, las varias y repetidas olas, alteran las tales resistencias en términos de hacernoslas inaveriguables con la exâctitud debida.

588 Hasta aquí se ha hablado acerca del ángulo que las vergas deben formar con la quilla, suponiendo constante el que esta forma con el viento. D. Jorge Juan halla despues (art. 366. del segundo tomo de su Exâmen Marítimo) dicho ángulo γ, ó que la quilla forma con el viento, mas ventajoso para caminar con la mayor velocidad directa. El quadrado de la tangente del tal ángulo resulta (Lam. A. N.° 4.°) $\text{tang. } \gamma^2 = \frac{GA^2(R-r)}{(GA^2+20R)r} - 1$; donde se ve que dicho ángulo debe variar segun las cantidades A^2, G, R, r, á las quales resulta igual. Debemos advertir aunque de paso una limitacion de la tal fórmula. El ángulo γ lo deduciremos substituyendo los valores de R, de G,

* A causa de la inclinacion que toman los palos hácia sotavento, la xarcia de esta última parte queda siempre algo en banda y permite naturalmente algun mayor braceo de las vergas.

de r y A^2, ó de la superficie de las velas. Las velas, como consta á todo marinero, se cubren mas ó ménos unas á otras segun como se disponen. Por consiguiente si se cuenta navegar con 23050 pies de vela, puede deducirse un valor de tang. γ, ó del ángulo que el viento debe formar con la quilla, con el qual ángulo ya no se pueda hacer uso de los tales 23050 pies de vela; pues por la disposicion en que entónces deben quedar braceadas las vergas, unas velas cubrirán acaso parte de otras. La falta de generalidad de esta fórmula ha dimanado de la diferenciacion en que se ha supuesto constante la cantidad de vela.

589 Siguiendo el mismo método, pasa D. Jorge Juan á hallar los ángulos mas ventajosos que las vergas y viento deben formar con la quilla, para conseguir la máxîma velocidad W, ó con que se sale á barlovento. Despues substituye en dicha fórmula los valores de las cantidades que la componen, y concluye para el caso de llevar todo aparejo y ser el viento floxo, que el ángulo mas ventajoso que el viento debe formar con la quilla: esto es, γ, ha de ser $= 56°$; y el que las vergas deben formar con dicha quilla: esto es, $\beta = 30° 33'$. Este último ángulo es menor que el que se usa comunmente, pero supera al que corresponde para la máxîma velocidad directa, el qual en el art. 586. resulta de 28° 47'. Por consiguiente quando se trate de correr directamente navegando de bolina, se formará el ángulo que se prescribe en el art. 586., y quando de ganar el posible barlovento se formará el que se indica en este. Todo esto deberia observarse escrupulosamente, quando las cantidades que se substituyen en las fórmulas pudiesen ser las verdaderas de la práctica.

CAPÍTULO XXIII.

De las providencias que conviene tomar en los temporales para la seguridad de los buques, y primero de la formacion y movimiento de las olas.

590 Habiendo deducido de la explicacion de las fórmulas anteriores del Exâmen Marítimo de D. Jorge Juan, las prácticas convenientes para conseguir en un buque sus máxîmas velocidades, conviene que concluyamos ahora de otras fórmulas del mismo autor, las providencias que importa tomar en los malos tiempos para la seguridad de la arboladura y cascos de las embarcaciones: pero ántes tenemos por conveniente el inferir del movimiento y formacion de las

olas, algunas conseqüencias utiles relativas á su modo de obrar contra los buques.

Para tener alguna idea de la formacion y movimiento de las olas conviene que fixemos la vista en la Lam. XIX. fig. 155. Representen K L, M N dos tubos en cada uno de los quales permanece el agua á nivel á las alturas C D, A B, y supongamos que á efecto de una presion qualquiera que obra de arriba para abaxo sobre la superficie del agua C D, descienda esta hasta G H. Este descenso del agua en el tubo M N no puede efectuarse, sin que se eleve á E F en el tubo L K. Si en esta situacion suspendemos los efectos de la causa que obra de arriba para abaxo en el tubo M N, es claro que la mayor cantidad de agua que alverga el tubo K L, procurará elevarla á la altura S T en su inmediato, descendiendo en K L; y á no ser por el roce que padecen las partículas de agua en las paredes de los tubos, se repetiria alternativamente el ascenso y descenso del agua en ambos sin interrupcion. Esto mismo se puede aplicar para la formacion de las olas. Represente T S (Lam. XIX. fig. 156.) la superficie del mar, y supongamos que á efectos de una causa qualquiera descienda el agua entre L y S hasta F, tomando la figura L F S; al momento se elevará el agua inmediata hasta E, descenderá hasta D, y seguirá formando la figura A B C D E F que llamamos olas. De suerte que á efectos de la presion vertical, el agua se baxa en F, se eleva en E, y corre la distancia horizontal S T que constituye la velocidad de las olas. Debemos advertir que en los tubos M N y K L (Lam. XIX. fig. 155.) el agua no puede tomar mas movimiento que el vertical, á causa de que las paredes de los tubos destruyen su dilatacion y movimiento en el sentido horizontal. En la mar no debe suceder así, porque no habiendo obstáculo que destruya el movimiento del agua de S para T (Lam. XIX. fig. 156.), quando una fuerza qualquiera baxe el agua hasta F, el efecto de esta presion vertical obrará igualmente de S para T, á causa de que los fluidos (art. 365.) dilatan sus esfuerzos en todas direcciones. De aquí se debe inferir el error á que pueden estar sujetas las fórmulas que nos manifiesten la velocidad de las olas, en el supuesto que dichas fórmulas se hayan formado considerando que el movimiento de traslacion de la ola de S á T, se efectua en virtud de la sola presion vertical que obra en línea recta. Para esto mismo se puede ver la advertencia que sigue al corolario 2.º de la Proposicion 46. de la obra del gran Neuton, *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica.*

591 Esta misma explicacion que acabamos de hacer del movimiento de las olas, nos pone en estado de dar alguna razon del modo con que obran contra un buque las grandes masas de agua que llamamos golpes de mar. En efecto hemos visto que el cúmulo de agua M E L que forma la ola gravitando sobre el agua inferior, la eleva y se reproduce en C, en A &c. y por este continuado movimiento de ondulacion corre la ola la distancia horizontal S T. Si miéntras la ola *g* L (Lam. XIX. fig. 157.) procura transferirse á *o* L, encuentra el obstáculo del navio, es claro que las presiones verticales de las columnas de la ola representadas por C H, procurarán elevar el navio que insiste en el agua inferior; pero como la presion y fuerza de los fluidos se exerce igualmente en todas direcciones, se sigue que la ola obrará tambien horizontalmente contra el buque segun la línea C F, con un esfuerzo equivalente á su presion vertical representada por las columnas como C H. En conseqüencia al inmediato contacto de la ola el agua desplegará su presion horizontal que estaba como oculta, y que solo se manifiesta con la interposicion del cuerpo resistente del navio. Siguiendo el mismo principio se concibe la causa de la elevacion que toman los golpes de mar al inmediato contacto con el buque causando su inundacion. Demos el caso que con motivo de una orzada repentina, ó de un balance, lleve el navio bastante velocidad contra el movimiento de la ola; es claro que esta última se hallará impelida horizontalmente en direccion opuesta á su movimiento por el cuerpo del buque, y prescindiendo de la mayor elevacion que ha de tomar la ola á causa del empuje horizontal que se comunica en todas direcciones, tendremos que como las partículas del fluido no pueden dilatarse en el sentido de su movimiento por el obstáculo que ofrece el costado del navio, deben extenderse mas de popa á proa y verticalmente, en cuyas direcciones no encuentran el menor estorbo.

592 De lo dicho hasta aquí se puede ya inferir la diferente propension que debe tener un mismo buque para ser inundado en un temporal, segun la derrota que intente seguir relativamente al rumbo del viento, y la mayor ó menor cantidad de vela de que haga uso. Si damos el caso de que el barco vaya ciñendo y reciba la mar por la proa con alguna obliquidad; es menester que contemos con que la mayor velocidad del buque aumentará la elevacion de los golpes de mar en su proa y á lo largo de los costados; porque entónces á la velocidad que llevan las olas, es menester añadir aquella

con que el buque les sale al encuentro; lo qual aumenta el choque y rechazo de las partículas del fluido, que deben elevarse á medida del mayor estorbo que encuentren en la direccion de su movimiento. Por consiguiente quando se navegue de bolina en un fuerte temporal, no conviene llevar toda la vela que permite la violencia del viento, y es preciso adaptar su uso á las circunstancias, á fin de moderar la velocidad del buque y evitar el riesgo de las inundaciones. Todo lo contrario se verifica navegando viento en popa; entónces en el supuesto de que las olas sigan la direccion del viento, se dexa ver que la mayor velocidad del navío es conveniente para substraerlo de los golpes de mar, y en esta circunstancia es conveniente el uso de toda la vela que permita la violencia del viento.

593 Para dar idea de los balances causados por las olas debemos recurrir al principio sentado en el art. 365. del qual hacemos un continuado uso en este tratado: es á saber, que la presion y fuerza de los líquidos se exerce en todas direcciones. Baxo este principio, quando un buque navega á nivel ú horizontalmente en su natural línea de agua, se halla circuido por igual cantidad de este fluido en ambos costados que por construccion son simétricos; y en conseqüencia todos los momentos con que el agua de un costado procura inclinar el barco hácia el opuesto, quedan destruidos por iguales momentos que obran en este último en sentido contrario á los primeros. Supongamos que en esta situacion una ola de nueve pies de altura se adelante y se aplique de popa á proa sobre el costado de estribor; es claro que en este costado obrará horizontal y verticalmente una masa de agua de nueve pies de altura que no tendrá contraresto en el costado opuesto, y por consiguiente aunque sea en virtud de su solo empuje horizontal, deberá inclinarse el barco hácia babor: por el mismo estilo quando la ola pase á este último costado, inclinará el buque para estribor. La mayor ó menor velocidad de la ola hará que medie mas ó ménos tiempo entre su obrar á babor y á estribor, y por consiguiente contribuirá á aumentar ó disminuir los balances. Á la violencia de los mismos puede conducir la diversa direccion que se haya dado á los costados del navio en las inmediaciones de su línea de agua, ó de su flotacion ordinaria. La misma diversidad de efectos debemos esperar de la diferencia entre el curso de las olas y el rumbo á que se navegue, y de la inclinacion que toma el barco hácia sotavento navegando de bolina, ó bien de su estado de rectitud que debe verificarse en la circunstancia del viento en

popa. Para exâminar de mas cerca el particular influxo de cada una de estas causas en los balances, conviene que fixemos nuestra atencion en la materia de los siguientes artículos.

594 Represente A B C (Lam. XIX. fig. 157.) la seccion transversal de un navio que navega horizontal ó rectamente; sea B C su costado de estribor, y B A el de babor; *o g* su línea de agua, y Q el centro de gravedad. Demos el caso que en esta situacion recta del buque de que hablamos, se halle circuido por sus dos costados de las olas iguales *g* L y *o* L: es claro que quando ambas olas se hallen aplicadas sobre los costados *g* C y *o* A, exercerán contra ambos un empuje vertical de abaxo para arriba segun las columnas de agua H C, H A. Representemos la fuerza del empuje de estas varias columnas de agua por *f*, y la distancia media del centro de los esfuerzos de dichas columnas á la vertical Q F por la recta C F. Tendremos que el momento con que las columnas de agua de la ola que obra en estribor procurarán inclinar el navio sobre babor, en virtud de su empuje vertical, se podrá expresar por $f \times$ C F (art. 355. y 362). Pero en el caso de que otra ola *o* L obre igualmente en el costado de babor, el momento anterior quedará destruido por el igual y opuesto $f \times$ A F. De donde resultará que los dos momentos verticales con que obran las olas *g* L y *o* L, á un tiempo mismo de abaxo para arriba en ambos costados, suspenderán verticalmente el navio sin causarle la menor inclinacion hácia una ú otra banda. Por otro lado el momento horizontal con que la ola de estribor procura inclinar el navio sobre babor, puede representarse por la expresion $f \times$ Q F (art. 355. y 362.), el qual quedará destruido por el igual y opuesto con que obra la ola de esta última parte: y en conseqüencia el navio subsistirá tambien sin efectuar el menor balance.

595 Consideremos ahora en el mismo navio (Lam. XIX. fig. 157.) los efectos de una ola que llega primero á su costado de estribor B C, y pasa despues mediante la velocidad de su movimiento al costado opuesto. En virtud de sus momentos verticales y horizontales el buque debe inclinarse sobre babor, y como suponemos que en esta última parte no hay contraresto alguno, á causa de no haber llegado aun la ola, se sigue que se verificará esta inclinacion. Posteriormente quando la misma ola se reproduzca en *o* L, adrizará el barco y aumentará su movimiento de balance.

596 En igualdad de circunstancias, la diferencia de inclinacion lateral que una misma ola puede dar á un buque quando aborda uno

de sus costados, debe consistir en el mayor ó menor desplazamiento de agua que en los dichos se efectua. En efecto, el empuje del agua contra un cuerpo en todas direcciones, crece á medida de su desplazamiento. Por consiguiente si el costado *g* C se eleva desviándose de la ordinaria línea de agua *o g*, y formando con ella el ángulo en *g* obtuso, es claro que si el costado toma esta direccion, como á mas voluminoso que en las circunstancias de elevarse rectamente segun la *g d*, ó de meterse para adentro segun la *g s*, desplazará mayor cantidad del agua que lo aborde, y dicho fluido obrará en el primer caso con mayor momento que en los dos últimos.

597 En lo que hemos dicho hasta aquí relativamente al efecto de las olas, hemos considerado el navio (Lam. XIX. fig. 157.) en su estado de rectitud, el qual solamente puede tener lugar á los principios de la llegada de la ola; porque de resultas de sus primeros efectos el buque debe inclinarse, y las presiones horizontales y verticales de la ola seguirán obrando de un modo muy distinto. Supongamos el navio (Lam. XIX. fig. 158.) ya inclinado por razon de los primeros efectos de la ola, ó á causa de navegar de bolina con viento bastante fresco para darle la inclinacion de dicha figura. En semejante caso los esfuerzos verticales de las olas obrarán á menor distancia horizontal del centro de gravedad Q, y los horizontales á ménos elevacion en la línea Q F.

598 En conseqüencia se dexa ver que siempre que un navio (Lam. XIX. fig. 158.) se halle inclinado, á causa de navegar de bolina con viento bastante fresco, los primeros efectos de las olas en el caso que estas vengan de traves, no contribuirán á inclinarlo con tanto momento como hubieran contribuido en el caso de hallarlo recto; y aunque es verdad que quando las mismas olas operen en el otro lado, lo suspenderán con mayor esfuerzo con motivo de la inclinacion, debemos tener presente que al tiempo de adrizarse el barco, las velas reciben mas perpendicularmente el empuje horizontal del viento y dificultan el giro. Todo lo contrario se verifica en el caso de recibir la mar de traves y seguir navegando viento en popa. En semejante circunstancia las velas dispuestas perpendicularmente á la quilla no le dan al navio la menor inclinacion lateral, y los primeros efectos de las olas tienen lugar en su estado de rectitud. Ademas quando las mismas olas adrizan el buque obrando en la parte opuesta, la fuerza del viento que obra paralelamente á la quilla no se opone en modo alguno á este movimiento.

599 Todo lo dicho hasta aquí acerca de los efectos de las olas en los balances, puede aplicarse con corta diferencia para el caso de las cabezadas. Quando una ola aborda la proa de un navio, la suspende y sumerge la popa, y posteriormente obrando la ola en esta última parte procura elevarla baxando la proa. La diferencia que cabe entre la rotacion de babor á estribor y la de popa á proa, consiste principalmente en que los balances se efectuan con mas regularidad, á causa de la figura simétrica que se da á ambos costados, y de la igual distribucion que se hace de la carga á uno y otro lado de la quilla; al paso que las cabezadas son mas rudas y violentas, con motivo de la diferente figura que reyna entre las extremidades de popa y proa, y de la irregular distribucion que suele hacerse de la carga respecto á estos extremos.

600 Estas leves reflexîones que acabamos de hacer relativamente al obrar de las olas en los balances y cabezadas, pueden prevenirnos acerca de los diferentes efectos que deben observarse en un temporal, segun el diverso porte de los buques, la distinta direccion que toman sus costados en las inmediaciones de la línea de agua, el rumbo que se sigue relativamente á las direcciones del viento y de las olas, y la distribucion de los pesos interiores, que á mas de alterar la posicion del centro de gravedad Q, de la Lam. XIX. fig. 157. y 158., en altura, ó respecto á la línea $o\ g$, pueden apartarlo ó aproxîmarlo de los extremos de popa y proa. Los diferentes tamaños de las olas y su sucesion mas ó ménos constante, dimanan principalmente de lo dilatado ó reducido de los mares donde se experimentan las borrascas. En la vasta extension de los golfos, los mares ú olas siguen tendidas, y abordan el barco con regularidad por un mismo lado, al paso que en las inmediaciones de las costas las aguas, rechazadas por el obstáculo de las costas y baxos fondos, forman nuevas olas á la parte de sotavento, y el buque suele hallarse á un tiempo mismo abordado por olas diferentes en sus costados de babor y estribor, y en sus extremos de popa y proa.

601 D. Jorge Juan concluye en el art. 441. del segundo tomo de su Exâmen Marítimo, que la mayor accion que sufren los palos en los balances es $\frac{S' K^2 \text{sen.} \triangle}{x^2}$; esta mayor accion tiene lugar en el instante en que el buque acaba su balance, y queda como parado y dispuesto para volver á adrizarse. En esta fórmula (Lam. A. N.° 5.°), S′ manifiesta los momentos de inercia del palo; sen. $\triangle$ el seno de la

inclinacion; K la elevacion del metacentro sobre el centro de gravedad; y x aquel punto del buque donde reunidos todos sus pesos, equivaldria el momento general de inercia de todos ellos á la suma de los particulares de cada uno. Por la sola inspeccion de esta fórmula se ve, que quanto mas léjos del centro de gravedad se coloquen los pesos del buque, y quanto mayores sean estos pesos, tanto mas crecerá el tal x^2, cuyo aumento por disminuir el valor del quebrado, minorará la accion que sufren los palos representada por este quebrado. Por el contrario el mayor peso de los palos y vergas, y singularmente su mayor altura, aumentará los momentos de inercia S′, cantidad que por hallarse en el numerador aumenta el valor de dicho quebrado. En conseqüencia de lo qual se ve que para disminuir los riesgos de perder la arboladura en los balances y cabezadas, es conveniente disminuir su peso y elevacion. Conforme á ambos preceptos se procede en la práctica quando se arrian las vergas mayores, y se echan á baxo los masteleros y vergas de juanete. El riesgo de desarbolar aumenta tambien creciendo K, que es la elevacion del metacentro sobre el centro de gravedad, en razon del quadrado de cuya cantidad aumenta tambien el numerador de dicha fórmula. Por cuya última causa perjudicará á la seguridad de los palos el meter la artillería en la bodega, ó el trasladar baxo la línea de agua un peso qualquiera que ántes se tuviese encima. Igualmente se debe tener por perjudicial para el asunto de que hablamos, el usar de lastre de hierro ó de otra materia de extraordinaria gravedad específica: esto es, tal que en corto volumen pese mucho; pues por todos estos medios baxamos el centro de gravedad, y aumentamos en conseqüencia la elevacion K del metacentro sobre aquel punto.

602 La fórmula que acabamos de copiar indicaria lo que sufren los palos y qualquiera otra parte de un navio, si el tiempo que este emplea en hacer un balance dependiese solo de las causas que resisten la inclinacion: esto es, si el tal tiempo fuese aquel en que un buque inclinado por qualquier accidente se adrizase estando la mar enteramente en calma. Pero como los balances y cabezadas tienen lugar en los tiempos borrascosos y en que las olas son extraordinarias, entónces la accion de la ola que choca y eleva el buque, se une al anterior movimiento oscilatorio de que hablamos; de donde resulta que el tiempo en que el navio efectua su balance, tiene tambien dependencia de aquel en que la ola tarda en pasar por baxo de él. Este último tiempo debe depender del tamaño y particular velocidad

de cada ola, cuyas legítimas cantidades es dificil asignar en la práctica, admitiendo objecciones nada quiméricas la teórica en que se funda. D. Jorge Juan usando de esta teórica, despues de una sublime y sutil aplicacion para el caso de los balances y cabezadas, concluye (en el art. 461. del segundo tomo de su Exâmen Marítimo) que los momentos que sufren los palos no son ya solo como $\frac{S' K^2 \text{ sen. } \Delta}{x^2}$, sino como $\frac{(T^2 + t^2)^2 S' K \text{ sen. } \Delta}{(2 t^2 T)^2 l}$ (Lam. A. N.º 6.º): denotando T el tiempo en que un navio efectua su balance sin intervencion de las olas, y t aquel en que debe practicarlo si se admite por sola causa la accion de estas últimas. La mera vista de esta fórmula presenta dos valores extremos de T, segun los quales los momentos que sufren los palos deben ser infinitos. En efecto, quando T es $= \infty$, esto es, infinito, todos los términos del quebrado desaparecen comparados con $T^2 = \infty^2$ infinito de segundo órden. Si T es $= 0$, solamente quedan en el numerador los términos en que entra t solo; y como todo el denominador se halla multiplicado por T, esto es, por 0, dicho término se reduce á 0; y entónces el valor del quebrado es tambien $= \infty$ infinito; pues sabemos que todo quebrado cuyo denominador es 0 expresa una cantidad infinita. De aquí se infiere que entre los valores de $T = \infty$ y $T = 0$, debe haber un cierto valor de T el qual nos dé el menor momento que sufren los palos; aplicando pues el cálculo diferencial y su doctrina sobre hallar los máxîmos y mínimos, se concluye que para que los palos sufran lo ménos que es dable en los balances, T debe ser $= t$: esto es, el tiempo en que el navio efectuaria los balances por sí mismo, igual á aquel en que los efectuaria por la accion de las olas.

603 Substituyendo t en vez de T en las equaciones que corresponde resulta, segun se ve en los art. 462. y 463. del segundo tomo del Exâmen Marítimo de D. Jorge Juan, $x = t K^{\frac{1}{2}} 3 \frac{1}{4}^{\frac{1}{2}}$ pies: esto es, que el punto donde deben suponerse reunidos los pesos todos de un buque, á fin de que los palos experimenten el menor riesgo, debe ser como el tiempo en que la embarcacion efectuaria los balances á impulsos de las olas; donde se ve que como t es indeterminado, pues esta cantidad debe variar segun el tamaño y particular velocidad de cada ola, resultaria que para lograr la ventaja de que hablamos, sería menester dar á x distinto valor segun los diversos que debe te-

ner t, cosa imposible en la práctica. D. Jorge Juan sacando un valor medio de t, tomado entre las olas de 9 y 36 pies de altura, el qual es de 4'', substituyendo el valor de $K^{\frac{1}{2}}$ en el navio de 60 cañones que le sirvió de exemplo, concluye que x, ó el punto donde debian suponerse reunidos los pesos, para que el tal navio mantuviese seguros sus palos quanto es posible en los balances, debia estar á 22 pies de distancia del centro de gravedad. El buque de que se habla tenia solos 42 pies de manga, cuya mitad es de solos 21; donde se ve que aun quando en dicho buque se colocaran todos sus pesos sobre las mismas bandas ó costados, nunca llegarian á quedar dispuestos con la ventaja correspondiente á la mayor seguridad de la arboladura. Esta imposibilidad debe verificarse en lo general de las embarcaciones, y así debe concluirse por regla fixa que, para asegurar los palos en los balances, deben alejarse del centro de los buques hácia los costados todos los pesos, quanto es posible.

604 Si cerrada la portería, por exemplo, se dexan los cañones horizontalmente y lo largo de ellos perpendicular al costado como quando se disponen en batería, en tal disposicion el particular peso de cada cañon y el general resultante de todos ellos, cae mas cerca del medio del navio, ó del centro de gravedad del barco; lo qual perjudicará á la arboladura segun lo que acabamos de insinuar. Diversamente sucederá si los cañones se acercan quanto es posible al costado á quien se disponen paralelos en el sentido de su longitud, dexando sus bocas desde proa para popa, ó al contrario.

605 Para las cabezadas concluyó D. Jorge Juan en el art. 479. del segundo tomo de su Exâmen Marítimo, que en el citado navio el valor de x debia ser hácia proa de 31 pies léjos del centro de gravedad; pero el tal x, ó el punto donde en el navio de que se habla se podian considerar reunidos los pesos segun la ordinaria disposicion, caía 50 pies hácia proa del centro de gravedad ó exe de rotacion (art. 473. del segundo tomo del Exâmen Marítimo). Luego en el tal buque y en lo general de las embarcaciones, debe procurarse alijar quanto es dable sus cabezas, cuidando de cargarlas lo ménos posible, y acercar los pesos hácia el centro.

606 Ademas se debe procurar disminuir K : esto es, se debe colocar el centro de gravedad lo mas elevado que sea posible. Todo esto quando se lleve la sola mira de aliviar la arboladura en los balances y cabezadas.

607 Pero no es solo el riesgo de desarbolar el que debe precaverse en los temporales. Es preciso atender á la seguridad del todo del buque librándolo de la inundacion de las olas, accidente que puede ocasionar su total ruina. La altura á que sube el agua en los balances sobre el costado, segun el art. 465. del segundo tomo del Exâmen Marítimo de D. Jorge Juan, es proporcional á la expresion (Lam. A. N.° 7.°) $\frac{t^2 x^2}{x^2 + t^2 K 3\frac{1}{4}}$ cuyas letras sabemos ya lo que representan. En esta fórmula todo el numerador se halla multiplicado por x^2, y solo un término del denominador; donde se ve que el aumento de x debe aumentar la altura que las aguas tomarán en el costado. La cantidad K se halla en solo el denominador; y así su diminucion aumentará el valor del quebrado, y por consiguiente los riesgos de inundar el barco representados por la tal fraccion.

En conseqüencia de lo qual vemos que, los mismos medios que hemos propuesto por conducentes á asegùrar la arboladura, aumentan el riesgo de las inundaciones de un buque; para cuya entera seguridad en esta parte convendria acercar la artillería y todos los demas pesos hácia el centro del navio, y aumentar la elevacion del metacentro sobre el centro de gravedad, baxando este último, ya fuese lastrando el buque con hierro, ú otra materia de extraordinaria gravedad especifica, ya trasladando baxo la línea de agua los pesos colocados anteriormente encima. Estas son las providencias que en efecto conviene tomar para evitar las inundaciones de que hablamos, tanto en los balances como en las cabezadas.

608 Pero hay otra advertencia que hacer en quanto al número de velas con que se navega y el rumbo que se sigue relativamente al que hacen las olas. Esta advertencia depende de cierta protuverancia ó elevacion que naturalmente toman los fluidos sobre la parte de un cuerpo que, moviéndose dentro de ellos, los choca horizontalmente. Quando este choque es perpendicular á la superficie que se mueve, la tal elevacion es proporcional á la expresion $\frac{u^2}{64}$ (art. 467. del 2.° tomo del Exâmen Marítimo de D. Jorge Juan) manifestando u la velocidad de la ola. Al principio de un recio viento pueden venir las olas de rumbos diversos segun las causas anteriores que las motivaron. Pero en lo fuerte de un temporal de algunos dias, la mar quando tiene libertad de correr sigue la misma direccion del viento que la altera. En virtud de lo qual un navio que vaya ciñendo, re-

cibirá los golpes de mar por la proa con alguna oblicuidad. El ángulo pues con que chocará al fluido no será recto, y en rigor no podemos decir que lo que las aguas se elevarán por la desnivelacion, seguirá la razon de $\frac{u^2}{64}$; pero siempre tendremos que la tal altura de las aguas aumentará con el aumento de u, que es la velocidad con que la ola choca al barco. Este choque crecerá segun la mayor cantidad de vela, ó lo mas veloz que camine el buque; pues este y la ola son dos cuerpos que caminan encontradamente, y así la velocidad con que la proa choca las olas se compone de la suma de ambas velocidades.

Por consiguiente el uso de toda la vela posible navegando de bolina en un fuerte temporal, hará que las olas suban á mayor altura. Luego para evitar los riesgos de las inundaciones es conveniente moderar la cantidad de dicha vela adaptándola á las circunstancias. Si se arriba y se navega viento en popa, entónces los golpes de mar que siguen al navio no lo chocan con la velocidad que traen, pues el buque va huyendo de ellos; así el valor de u es la diferencia entre la velocidad de la ola y la de la embarcacion; en lugar de que navegando de bolina equivale casi á la suma de ambas. Luego corriendo viento en popa logramos disminuir la elevacion de las aguas sobre esta parte; y aunque esta ventaja parece que deba crecer segun la mayor velocidad que lleve el barco, no obstante es suficiente la de 15 pies por segundo, para evitar todo riesgo en los golpes de mar que de ordinario combaten las popas de los baxeles.

609 En virtud de todo lo dicho se presenta desde luego la razon de los varios efectos que puede experimentar un buque en los malos tiempos, por la sola variedad de la materia de su lastre y distribucion de los pesos interiores. Supongamos para esto que corran igual tiempo dos navios en todo iguales, y dispuestos para navegar en la misma línea de agua. Conste el lastre del primero de lingotes de hierro, y demos el caso de que tenga colocada en la bodega la artillería de los puentes. El segundo tenga por el contrario toda su artillería trincada sobre las bandas, y sea su lastre de piedra. El primer navio tendrá el centro de gravedad muy baxo por dos razones. La primera por ser su lastre de una materia que baxo poco volumen encierra mucho peso. La segunda porque se ha colocado baxo la línea de agua todo el peso de la artillería que estaba ántes encima. Luego en este navio, K, ó la elevacion del metacentro sobre el centro de

gravedad, será muy grande; pero x, ó la distancia de este centro al punto de reunion de los pesos estará disminuida; pues siendo en el fondo menor la anchura del barco, el peso de la artillería colocada en tal parage, se aproxîma mas al medio del navio. Hemos visto que el aumento de K y la diminucion de x hacen padecer mas los palos y disminuyen los riesgos de las inundaciones. Luego dicho primer buque podrá desarbolar, aunque por otro lado esté libre de ser inundado. Todo lo contrario se verifica en el segundo, en el qual por las razones opuestas está disminuido K y aumentado x respecto al primero. Así no debe ser extraño que siendo distinta la materia del lastre de dos buques iguales, y habiéndose distribuido con variedad sus pesos interiores, desarbole el uno en un temporal sin haber experimentado monstruosas elevaciones de agua en su proa y costados, al paso que otro haya recibido los golpes de mar sobre las últimas cubiertas y mantenido ilesa la arboladura. Estos diversos efectos tienen lugar por solo el modo y materia con que están lastradas las embarcaciones. Tambien puede crecer esta variedad por el número de velas de que se haga uso durante el tiempo, y por la determinacion que se abrace de ceñir el viento ó de arribarle; pues el aumento de vela que ciñendo y viniendo la mar de proa hace elevar las aguas sobre esta parte, disminuye su elevacion corriendo viento en popa.

CAPÍTULO XXIV.

De la razon de haber adoptado las fórmulas del Exâmen Marítimo de D. Jorge Juan con preferencia á las que sobre iguales puntos traen otros Autores.

610 Para dar alguna razon de haber adoptado las fórmulas del Exâmen Marítimo de D. Jorge Juan que insertamos en varias partes de esta obra, con preferencia á algunas que sobre iguales materias traen otros autores, explicaremos brevemente los principios teóricos sobre que están fundadas las de estos últimos, y luego haremos ver aquellos que sirvieron de basa á nuestro autor para el establecimiento de las suyas.

Considerando el fluido en movimiento contra una superficie determinada, como quando el viento obra contra una vela, discurren como sigue los que pretenden que los efectos del choque de los fluidos siguen la ley de los quadrados de sus velocidades. 1.° Las mismas partículas del viento impelerán la vela con tanto mas esfuerzo,

$$\text{N.° 1°.}\begin{cases} u=\dfrac{GA^2\,R\,V\,sen.\,\alpha.\,sen.\,(\beta-\delta)}{GA^2\,(R-r)\,sen.\,\beta.\,sen.\,(\beta-\delta)+r\,(GA^2\,cos.\,\delta+20\,R)} \\[2ex] v=\dfrac{GA^2\,r\,V\,sen.\,\alpha.\,cos.\,(\beta-\delta)}{GA^2\,(R-r)\,sen.\,\beta.\,sen.\,(\beta-\delta)+r\,(GA^2\,cos.\,\delta+20\,R)} \\[2ex] w=\dfrac{GA^2\,V\,sen.\,\alpha\left(R^2\,sen.\,(\beta-\delta)^2+r^2\,cos.\,(\beta-\delta)^2\right)^{\frac{1}{2}}}{GA^2\,(R-r)\,sen.\,\beta.\,sen.\,(\beta-\delta)+r\,(GA^2\,cos.\,\delta+20\,R)} \\[2ex] W=\dfrac{GA^2\,V\,sen.\,\alpha\left(R\,cos.\,\gamma.\,sen.\,(\beta-\delta)-r\,sen.\,\gamma.\,cos.\,(\beta-\delta)\right)}{GA^2\,(R-r)\,sen.\,\beta.\,sen.\,(\beta-\delta)+r\,(GA^2\,cos.\,\delta+20\,R)} \end{cases}$$

$$\text{N.° 2.°}\begin{cases} u=\dfrac{GA^2\,R\,V\,sen.\,(\beta-\delta)\,(sen.\,\gamma.\,cos.\,\beta-cos.\,\gamma.\,sen.\,\beta)}{GA^2\,(R-r)\,sen.\,\beta.\,sen.\,(\beta-\delta)+r\,(GA^2\,cos.\,\delta+20\,R)} \\[2ex] v=\dfrac{GA^2\,r\,V\,cos.\,(\beta-\delta)\,(sen.\,\gamma.\,cos.\,\beta-cos.\,\gamma.\,sen.\,\beta)}{GA^2\,(R-r)\,sen.\,\beta.\,sen.\,(\beta-\delta)+r\,(GA^2\,cos.\,\delta+20\,R)} \\[2ex] w=\dfrac{GA^2\,V\left(R^2\,sen.\,(\beta-\delta)^2+r^2\,cos.\,(\beta-\delta)^2\right)^{\frac{1}{2}}(sen.\,\gamma.\,cos.\,\beta-cos.\,\gamma.\,sen.\,\beta)}{GA^2\,(R-r)\,sen.\,\beta.\,sen.\,(\beta-\delta)+r\,(GA^2\,cos.\,\delta+20\,R)} \\[2ex] W=\dfrac{GA^2\,V\left(R\,cos.\,\gamma.\,sen.\,(\beta-\delta)-r\,sen.\,\gamma.\,cos.\,(\beta-\delta)\right)(sen.\,\gamma\,cos.\,\beta-cos.\,\gamma.\,sen.\,\beta)}{GA^2\,(R-r)\,sen.\,\beta.\,sen.\,(\beta-\delta)+r\,(GA^2\,cos.\,\delta+20\,R)} \end{cases}$$

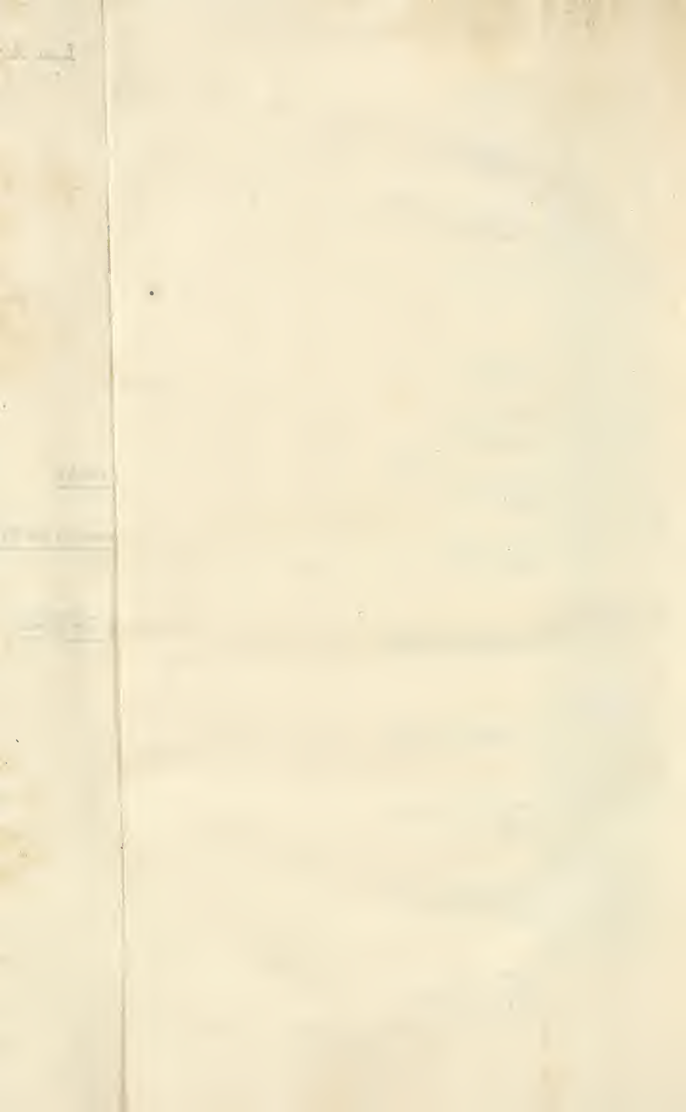
$$\text{N.° 3.°}\left\{Tang.\,\beta=\frac{Q\,sen.\,\gamma.\,sen.\,\delta.\,cos.\,\delta\pm F\,cos.\,(\gamma+\delta)+\sqrt{F^2+Q\,F\,sen.\,\gamma.\,sen.\,(\gamma-\delta)}}{Q\,sen.\,\gamma.\,cos.\,\delta^2+F\,sen.\,(\gamma+\delta)}\right.$$

$$\text{N.° 4.°}\left\{Tang.\,\gamma^2=\frac{GA^2\,(R-r)}{(GA^2+20\,R)\,r}-1\right.$$

$$\text{N.° 5.°}\left\{\frac{S'\,K^2\,sen.\,\Delta}{x^2}\right.$$

$$\text{N.° 6.°}\left\{\frac{(T^2+t^2)^2\,S'\,K\,sen.\,\Delta}{(2\,t^2\,T)^2\,l}\right.$$

$$\text{N.° 7.°}\left\{\frac{t^2\,x^2}{x^2+t^2\,K\,3\frac{1}{4}}\right.$$



quanto mayor sea su velocidad. 2.º En un mismo intervalo de tiempo se verificará que chocarán contra la vela tantas mas partículas de viento, quanto mayor sea tambien su velocidad. En conseqüencia si el viento camina quatro ó cinco veces mas veloz, cada una de sus partículas hará quatro ó cinco veces mas efecto contra la vela, y habrá quatro ó cinco veces mas número de partículas que la choquen durante el propio tiempo. Por consiguiente segun el axîoma del art. 26. el impulso total será diez y seis ó veinte y cinco veces mayor: quiere decir, que este impulso aumentará como el quadrado de la velocidad. Este mismo discurso lo aplican para significar la ley que siguen las resistencias que experimentan los cuerpos que se mueven en los fluidos, en los términos siguientes.

611 En primer lugar no hay duda que una misma superficie que se mueve en un fluido, prescindiendo de la viscosidad de este, perderá de su movimiento á medida del mayor número de partículas que choque durante su tránsito. Por otro lado es igualmente cierto que, segun la mayor velocidad con que camine la superficie, chocará con tanta mas fuerza las partículas del fluido. Por consiguiente estas últimas le consumirán el movimiento, en razon del número que ella choque en un tiempo determinado, y de la velocidad que les comunique.

Si un cuerpo pues se mueve dentro de un fluido con una velocidad de un pie por un segundo de tiempo, y otro con una de dos pies, el primer cuerpo atravesará un número de partículas que podemos hacer igual á 1, las quales choca con una velocidad $= 1$. El tal cuerpo experimentará en su movimiento una resistencia $= 1 \times 1 = 1^2$, que es el quadrado de la velocidad con que camina.

El segundo cuerpo que lleva dupla velocidad encontrará durante su tránsito, en el propio tiempo, un número de partículas duplo del que encontró el primero: esto es, un número $= 2$. Ademas chocará este número duplicado de partículas con dupla velocidad que el primero, ó con una velocidad $= 2$. Así la resistencia que le opondrá el fluido será $= 2 \times 2 = 2^2 = 4$.

Si otro cuerpo se moviese con una velocidad $= 3$, nos resultaria igualmente que experimentaria una resistencia $= 3 \times 3 = 3^2 = 9$, y así en adelante; concluyendo de esto que las resistencias que experimentan los cuerpos que se mueven en los fluidos, son como los quadrados de las velocidades que llevan los tales cuerpos.

Esto mismo lo podemos ver mas claramente en la Lam. XIX.

fig. 159. Sea A un cuerpo que se mueve con la velocidad de 2 pulgadas por segundo; representen H, F, E, G quatro partículas de fluido del diámetro de una pulgada cada una. Para que el cuerpo A camine las 2 pulgadas, demos el supuesto que las partículas H, F, E, G se separan á los puntos *h*, *e*, *f*, *g* de una pulgada por segundo, para darle tránsito. En este caso 4 manifiesta el número de partículas chocadas, y 1 la velocidad que cada una de ellas recibe; por consiguiente $1 \times 4 = 4$, nos da la resistencia que el fluido opone al movimiento del cuerpo A; y como 4 es el quadrado de 2, que es la velocidad del cuerpo A, tenemos como ántes, que las consabidas resistencias son como los quadrados de las velocidades.

Si el mismo cuerpo A se moviese con una velocidad de 4 pulgadas por segundo, dupla de la anterior, tendriamos en la Lam. XIX. fig. 160. que el número de partículas que deberia separar sería 8, apartándolas á los puntos *b*, *c*, *d*, *f*, *g*, &c. distantes 2 pulgadas de su primera situacion. En virtud de lo qual $2 \times 8 = 16 = 4^2$ quadrado de la velocidad, manifestaria la resistencia en el caso propuesto.

612 Si en vez de concebir que las partículas ó globulos de fluido H, F, E, G se separan de una pulgada en la Lam. XIX. fig. 159. y de 2 en la 160, suponemos que solo se dividen y abren camino al cuerpo sin moverse, en tal caso el cuerpo solo encontrará estorbos en su movimiento por parte del número de partículas que choque en un tiempo determinado, pero ninguno por razon de la velocidad que les comunique supuesto que esta es cero. Segun esto, un cuerpo que camine con dupla velocidad que otro, encontrará en el propio tiempo duplo número de partículas de fluido; si con tripla, triplo; y así en adelante; y como en este supuesto los cuerpos solo encuentran estorbo para moverse por parte del número de partículas, se sigue que las resistencias de estos tres ó mas cuerpos estarian entre sí, como 1, 2, 3: esto es, como sus simples velocidades. Este último resultado estriva sobre una hipótesis incomprehensible: es á saber, que un cuerpo divide un fluido sin moverlo.

613 Segun estas dos opiniones, las resistencias que experimentan las superficies que se mueven en los fluidos, solo tienen dependencia de la velocidad con que caminan, resultando indiferente para el caso, la mayor ó menor elevacion de la superficie del líquido sobre la del cuerpo que se mueve en él. Tampoco admiten diferencia los sectarios de estas dos opiniones, entre las circunstancias de mo-

verse el fluido contra una superficie en reposo, ó de ser esta última la que efectua el movimiento. Tales han sido en lo general los principios teóricos sobre que han fundado varias fórmulas relativas á las resistencias y distintas velocidades que pueden tener las embarcaciones, muchos de los autores que tratan estas materias.

614 D. Jorge Juan establece primero que, la fuerza perpendicular que sufre qualquiera de los puntos de la superficie de un cuerpo A (Lam. XIX. fig. 159.) sumergido en un fluido, es proporcional al quadrado de la velocidad con que el fluido saldria por el orificio que se abriese en un determinado punto de la superficie del cuerpo. La tal velocidad para el caso del reposo resulta $= 8\sqrt{a}$, denotando a la altura de la superficie del fluido sobre un determinado punto de la del cuerpo. Supuesto esto tenemos que el cuerpo A, aun sin moverse, experimenta en qualquiera de sus puntos perpendicularmente una resistencia proporcional á la expresion $(8\sqrt{a})^2$. Si ahora lo suponemos en movimiento segun la D B con una velocidad $= u$, no hay duda que el fluido procurará salir por el punto D con una velocidad igual á aquella con que hubiera salido aun en el caso de no moverse el cuerpo A, mas la que ahora lleva el cuerpo: esto es, con una velocidad $= 8\sqrt{a} + u$; y como la resistencia que experimenta qualquiera de los puntos como D del cuerpo, es proporcional al quadrado de dicha velocidad, resulta que la resistencia del tal punto D será proporcional á $(8\sqrt{a} + u)^2$. No sucede así al punto Q que corresponde á la superficie opuesta. Esta en efecto se substrae del impulso del líquido en reposo, con la propia velocidad que lleva el cuerpo; y por consiguiente aquella con que por sus puntos como Q saldria el fluido será $= 8\sqrt{a} - u$, y la resistencia que sufre el tal punto resultará proporcional á $(8\sqrt{a} - u)^2$. Comprehendiendo en una sola expresion las resistencias correspondientes á qualquiera de los puntos de la superficie impelente y á los de la impelida, tendremos que serán proporcionales á $(8\sqrt{a} \pm u)^2$. Conocida esta expresion correspondiente á un punto ó quadrícula diferencio diferencial, sacariamos la misma resistencia perpendicular que sufriria toda la superficie impelente ó la impelida, por medio del cálculo integral. No es de nuestro objeto seguir aquí con las introducciones de los senos y cosenos de los varios ángulos que la superficie del cuerpo A puede formar con la del fluido, ni sus substituciones que generalizan las fórmulas de nuestro autor. Para el fin que nos hemos propuesto, basta el que se vean los distintos principios que han guiado á los autores

de iguales fórmulas, para que se pueda conocer la diferencia de sus resultados. La elevacion de la superficie del fluido sobre la del cuerpo, por exemplo, que como vimos no se ha considerado por dichos autores, se incluye en los principios fundamentales de las fórmulas de D. Jorge Juan. De aquí resulta entre otras cosas, que el esfuerzo del viento contra las velas es mucho mayor atendiendo á la elevacion de la atmósfera sobre la superficie de dichas velas: pero en esto tenemos que, segun la nota del art. 580., la resistencia de las aguas debe aumentar, no solo por la distancia á que están sumergidas las partes del casco de un buque respecto á la superficie del mar, sino respecto á la misma elevacion de la atmósfera sobre aquellas partes; lo qual aumenta, en el caso presente, 34 pies Ingleses la distancia de qualquiera parte sumergida de un buque á la superficie del mar. Esta última reflexîon debe alterar todas las conseqüencias en que entren las substituciones de las cantidades de las resistencias laterales y directas de un buque. Sin embargo por lo que hace á la substitucion exâcta de estas mismas resistencias, hemos manifestado en los art. 580. y 587., los inconvenientes que las circunstancias de la navegacion de por sí solas ofrecen para el uso de las tales fórmulas. En quanto á lo demas, las consideraciones acerca de la curvidad de las velas, inclinacion de los palos á sotavento, y otros accidentes que alteran las distancias del centro de los esfuerzos de las velas al centro de gravedad, parece que son indispensables para la explicacion de quantas variedades se observan en la práctica, y deben dar á las fórmulas de nuestro autor una justa preferencia, sobre las de otros autores ménos prácticos en el manejo de las embarcaciones. Por lo que hace á otros varios puntos no solo de las fórmulas anteriores, sino del todo del Exâmen Marítimo, pueden nuestros lectores consultar el prólogo de esta obra, donde el autor da razon de las experiencias y demas consideraciones en que se funda.

CAPÍTULO XXV.

De la estiva.

615 Por la palabra estiva se entiende, la colocacion que se hace de los varios pesos que componen la carga de los buques. Generalmente necesitan todos despues de construidos y arbolados de una determinada cantidad de lastre, para flotar en la línea de agua prescripta por el constructor, y para resistir las inclinaciones que les

procura el esfuerzo del viento contra las velas en las circunstancias de la navegacion. El particular destino de las embarcaciones nos obliga á cargarlas de otros muchos efectos, y en las de guerra, por exemplo, debemos añadir á los de respeto y al acopio de víveres y aguada, la artillería y demas armas, con la pólvora y todos los utensilios propios para su exercicio.

En todos los capítulos de los movimientos hemos individualizado el particular influxo de la estiva en cada uno de ellos.

En el del centro de gravedad del navio hemos sentado claramente el modo de situar este punto mas alto, mas baxo, mas á popa ó mas á proa, con el mero acto de variar el sitio de los pesos que componen la carga.

En el del metacentro manifestamos el mecanismo con que se efectuan los balances, y prefixamos la altura hasta la qual si elevasemos el centro de gravedad, la embarcacion inclinada por el esfuerzo del viento contra las velas no podria recobrar su rectitud.

En el del gobierno ó de sus movimientos de orzada y arribada, hemos hecho ver la mayor facilidad que daba al navio para los tales movimientos, la alteracion de pesos en el sentido de su longitud.

En el de las inclinaciones insinuamos tambien el modo de aumentarlas ó disminuirlas por el trastorno de pesos en el sentido vertical, ó de abaxo para arriba, indicando entre otros exemplos (art. 426.), lo que deberia esperarse en el caso de colocar en la poza la artillería de los puentes, y en el de transferir á las cubiertas altas los pesos que insisten sobre la quilla.

En las viradas recapitulamos los medios de facilitarlas por la distinta alteracion de pesos: y por último en la explicacion de las fórmulas de D. Jorge Juan acerca de dar á los buques sus mayores velocidades, libertarlos de las inundaciones y asegurar su arboladura, indicamos separadamente los efectos que resultan de la colocacion de pesos, y acordamos lo que debia practicarse en punto á estiva para la seguridad de los buques en los temporales.

616 De la lectura de estos capítulos, al paso que se deduce la colocacion de pesos mas propia para dar á las embarcaciones una decidida propension para un movimiento determinado, se infiere la contrariedad que lo dicho ocasiona en los restantes. En efecto, la traslacion de pesos á proa, y lo mas metido de esta parte que facilita la orzada, dificulta la arribada; lo contrario sucede respecto á la po-

pa. La colocacion del lastre de hierro y otros efectos de mucha gravedad específica en la parte inferior del buque, al mismo tiempo que aumenta su estabilidad expone la arboladura; y la completa seguridad de esta que exîge hasta cierto punto la elevacion de pesos, y su alejamiento del centro hácia las bandas, no puede conseguirse sin el riesgo de las inundaciones y del desenlaze de las partes de su casco. En conseqüencia debemos concluir que la estiva mas ventajosa será aquella que, sin dar á un buque una propension decidida para este ó el otro movimiento con perjuicio de los restantes, facilite la reunion de todos ellos en los términos propios para conseguir en el servicio de los baxeles los objetos de su destino. Desde luego será dificil acertar la primera vez en la formacion de la estiva de un buque; pero las observaciones hechas en una campaña en que se proporcione la alternativa de floxos y fuertes vientos, de llanas y altas mares, manifestarán á un ojo inteligente las emiendas propias para el efecto. Á fuerza de repetidas tentativas se llegará por fin á determinar la estiva conveniente á un determinado buque mientras conserve su figura.

617 En medio de la dependencia que acabamos de dar á la estiva de los buques de las observaciones hechas en sus campañas, vamos no obstante á deducir las miras generales que deben tenerse presentes, para conseguir en el servicio de las embarcaciones quantas ventajas pendan de este punto de su armamento.

Pero ántes de entrar en otro asunto, es muy del caso que indaguemos el particular influxo de la estiva para impedir el quebranto de los buques. Este accidente, que no puede verificarse sin alterar la trabazon de las partes de sus cascos, influye en las demas propiedades de las embarcaciones, las quales han de variar precisamente por la alteracion de su figura. Á este efecto copiaremos al pie de la letra el artículo 241. y parte del 242. del 2.° tomo del Exâmen Marítimo de D. Jorge Juan, en los quales se comprehenden los fundamentos de quanto conviene discurrir en esta materia.

»Ya se dixo (proposicion 8. lib. 2.° tom. 1.°) que para que un cuerpo sumergido en un fluido que está en reposo, esté sin movimiento ó accion vertical, es preciso que el peso del cuerpo sea igual al del fluido que haya desocupado: de este principio concluimos (art. 105.) que para que todo el navio quede flotando sin sumergirse mas ó ménos, es preciso que su peso sea igual al del fluido que hubiere desocupado. Arguyendo igualmente para cada parte, seccion,

ó ámbito de una, dos ó mas quadernas, se hace evidente que para que las acciones que sobre ellas se exerciten se destruyan, es preciso que el peso que se ponga sobre cada ámbito ó quaderna, sea igual al del fluido que cada ámbito ó quaderna haya desocupado: esto es, para que sobre la parte del cuerpo del navio encerrado entre las quadernas 0 y 3, ó entre otras dos qualesquiera, no quede fuerza que tienda á sacarle ó moverle de la situacion en que se halla, es preciso que el peso de la misma parte, esto es, de maderas y demas herrages y carga que encierre, sea igual al del fluido que haya desocupado. No siendo estos dos pesos iguales, el exceso del mayor sobre el menor actúa en la direccion del primero, á sacar ó mover aquella parte del cuerpo de la situacion en que se halla: y esta fuerza que no queda destruida, la han de sostener (Esc. 1. sobre las palancas tom. 1°. pag. 71.) las fibras ó piezas de madera que componen el buque, uniéndole como si fuera una sola pieza ó palanca."

»De esta suerte si todas las quadernas ó partes del navio estuvieran igualmente cargadas de peso, como próxîmamente lo están quando se halla vacio el buque, pues todas tienen casi muy poca diferencia de maderas, porque si las de en medio son mas anchas, son mas altas en recompensa las de los extremos: se sigue que para que no resultasen fuerzas que hayan de sostener las mismas maderas, fuera preciso que los volúmenes de fluido que desocupasen fueran tambien iguales; pero los ámbitos ó volúmenes que ocupan las quadernas son menores, al paso que aquellas distan mas de la maestra: luego al paso que estas se apartan mas de la maestra, hay ménos fuerza que sostenga el peso que carga sobre las quadernas."

618 En conseqüencia por solo el menor desplazamiento de los espacios de popa y proa, queda ya destruido el equilibrio entre los pesos en rosca de estos espacios y sus correspondientes desplazamientos. Á esto podemos agregar que las partes V C y T A, (Lam. XX. fig. 161.) que se substraen enteramente de la presion del fluido por razon del lanzamiento, gravitan de arriba para abaxo segun las verticales A H, Q P, S R y C J, sin encontrar el menor contraresto. Por todas estas razones podemos considerar el navio por el mismo estilo que la palanca A B (Lam. XX. fig. 162.), en la qual los pesos C, D, E, pueden representarnos las presiones verticales con que el fluido procura elevar la medianía del navio, y los H, G, F, Y, K, L, los que obran de arriba para abaxo en los extremos de popa y proa, y han de ocasionar el pernicioso efecto del quebranto.

En igualdad de circunstancias se vé que este accidente puede retardarse, á medida de la mejor trabazon dada á las varias piezas de un buque, haciendo que el todo resulte un cuerpo unido y sólido en la mejor forma posible. La asecucion de semejante propiedad debe ser el objeto de los constructores, y al maniobrista solo pertenece el echar mano de aquellos medios, que tienen lugar despues de construidos los buques en los varios ramos de su armamento, entre los quales ocupa el primer lugar la formacion de la estiva.

619 Conseqüente á todo lo dicho se vé que para suspender los efectos del quebranto, si el centro del volumen ó empuje vertical del fluido se exerce á lo largo de la línea B O (Lam. XX. fig. 161.) conviene amontonar los pesos en la medianía del navio, á fin de que el todo de los pesos se separe lo ménos que sea posible de la direccion O B. De aquí resulta en efecto que formando equilibrio á lo largo de la línea B O las dos fuerzas verticales opuestas, podemos considerar el buque como á que no recibe en su medianía el menor esfuerzo, ni para arriba ni para abaxo; y todos los espacios hácia proa y popa se hallan sostenidos de abaxo para arriba por el empuje del fluido correspondiente á su desplazamiento, al paso que estos espacios no contienen mas peso que el indispensable de la madera y herrage de su construccion para hacerlos descender. En virtud de lo qual, si el empuje del fluido correspondiente á su desplazamiento supera al peso del hierro y maderas de dichos espacios, estas partes de popa y proa mas bien se hallarán impelidas de abaxo para arriba, y en el caso del equilibrio el buque quedará al abrigo de toda desunion por el esfuerzo opuesto de ambas fuerzas, verificándose que descansa en toda su longitud sobre el agua, por el mismo estilo que un cuerpo qualquiera gravita sobre su basa horizontal contra el terreno, ú otro plano de igual direccion. El amontonar todos los pesos en el centro no puede verificarse en los buques armados; pero tiene lugar en los desarmados, y arreglado á lo dicho se deposita el conveniente lastre de hierro en el pozo de la escotilla mayor. Relativamente á esta práctica debemos advertir que si, por el extraordinario peso del lastre, calase el navio en términos que el desplazamiento de los espacios hácia popa y proa superase el peso de la madera y herrage de estos espacios, los extremos de popa y proa procurarian arquearse de abaxo para arriba, y como esto no puede verificarse sin que las ligazones adquieran algun juego, resultaria que en un nuevo armamento con motivo de recibir mas peso, tomarian la inclinacion hácia

abaxo; de lo qual se evidencia que las mismas precauciones que se toman para impedir el quebranto, pueden aumentarlo quando estas son excesivas. Así en todos los casos debemos procurar siempre que el peso del casco y parte de la carga de cada uno de los espacios, en que hemos dividido el buque en el sentido de su longitud, sea igual al de su correspondiente desplazamiento segun la línea de agua en que se mantenga.

620 Represente A B C D (Lam. XX. fig. 163.) el plano de una seccion horizontal hecha de popa á proa á lo largo del navio, y supongámosla dividida en 8 espacios que desde el centro hácia los extremos denominaremos 1°, 2°, 3° y 4° espacio de proa; 1°, 2°, 3° y 4° espacio de popa. Para el cumplimiento de quanto llevamos dicho calcularemos 1.° el peso total del lastre, víveres, pertrechos y aguada que debe llevar el buque. 2.° El peso del agua que desplaza cada uno de dichos espacios quando el navio se halla calado hasta su correspondiente línea de flotacion. 3.° El peso en rosca de cada uno de estos espacios; y comparándolo con el de su desplazamiento, concluiremos que parte de la carga corresponde á cada espacio para conseguir el equilibrio. Tal es la norma que importa seguir en la formacion de la estiva y distribucion de los demas pesos, siempre que se lleve la mira de evitar el quebranto de los buques. Esto mismo se ve observado rigurosamente en el individualizado plan de estiva de Mr. Missesi, Oficial de la Marina Francesa, cuyo laborioso Marino tiene el mérito de haber puesto en práctica lo mismo que en el art. 617. hemos visto que nos previene D. Jorge Juan, y que aconsejan en sus obras otros autores.

621 Á esta primera regla que acabamos de establecer para evitar el quebranto de las embarcaciones en la formacion de la estiva, sigue otra cuya observancia debe ser aun mas exâcta para el uso de sus buenas propiedades. La perfecta simetría de los dos costados de babor y estribor de un buque y la rectitud que debe conservar, nos imponen el precepto de distribuir á uno y otro lado del exe ó plano A C (Lam. XX. fig. 163.) que lo atraviesa de popa á proa, pesos absolutamente iguales que disten igualmente de este plano.

622 La última de estas dos reglas puede observarse generalmente sin perjuicio de ninguna de las propiedades de los buques. En quanto á la primera importa manifestar las reglas propias para conseguir las propiedades mas esenciales, y ver si estas reglas se conci-

lian con la que acabamos de dar para su conservacion.

623 Las propiedades principales de todo buque son; la de gobernar bien, ó de obedecer breve á los movimientos de orzada y arribada que procuran imprimirle el timon y las velas; la de efectuar con suavidad sus balances y cabezadas para conservar su arboladura y la trabazon de las partes de su casco; la de navegar en todas sus posiciones con la mayor velocidad posible.

624 Para concluir las reglas conducentes al mejor efecto de estos varios movimientos, conviene que fixemos la vista en la Lam. XIII. fig. 105., en la qual V M manifiesta (art. 369.) el exe ó línea vertical que pasa por el centro de gravedad C, y al rededor del qual se efectuan los movimientos de orzada y arribada. Si consideramos el punto C como un punto de apoyo, al rededor del qual debe girar de babor á estribor todo el cuerpo del buque supuesto en equilibrio, tendremos (art. 362. y 363.) que la fuerza de las aguas obrando en el extremo de popa en la pala del timon, impelerá esta parte á sotavento y la proa á barlovento con tanta mas facilidad, quanto mas alijados estén estos extremos. En conseqüencia para que el navio obedezca velozmente al timon, convendrá aproxîmar en lo posible al exe vertical VM, que pasa por el centro de gravedad, las partes mas pesadas de la carga. Esta misma regla para el fácil gobierno de los buques se deduce de la fórmula $du = \frac{2\,P\,q\,g\,d\,t}{S\,x^2\,d\,m}$ de Eulero, en la qual $d\,u$ significa la velocidad angular de rotacion, y la que en igualdad de todas las demas circunstancias se ve que aumentará, á medida que disminuya el denominador $S\,x^2\,d\,m$, que expresa la suma de los productos de cada parte de la masa por el quadrado de su distancia al exe de rotacion: para que esto se verifique, importa recoger el lastre de hierro y otros cuerpos de mucha gravedad específica hácia el centro C, alejándolos tanto de los extremos de popa y proa como de ambas amuradas. La primera de estas prácticas conviene con la que hemos deducido (art. 605.) de la fórmula de D. Jorge Juan para moderar las cabezadas. Por consiguiente el alijar las cabezas y recoger los pesos en el centro, favorece á un tiempo mismo el gobierno y la seguridad de la arboladura. No sucede otro tanto con la segunda.

625 En efecto, en el art. 603. vimos que para la suavidad de los balances y firmeza de los palos, convenia separar del centro hácia las dos bandas del buque los pesos de su carga en quanto fuese

dable. Los balances se executan, como vimos art. 369., al rededor del exe A B (Lam. XIII. fig. 105.); estos son sumamente violentos como qualquiera experimenta y puede inferir de la figura ordinaria de las embarcaciones. Basta para esto considerar quanta mayor es la longitud de los buques baxo la línea de agua en el sentido de popa á proa, que su anchura de babor á estribor; y por consiguiente la gran superficie que lo largo de los costados presenta al embate de las olas, y la corta distancia de ambos costados al exe A B al rededor del qual efectuan sus oscilaciones. De lo qual se infiere la necesidad de moderar la extension de los balances separando los pesos hácia las amuradas todo lo posible. Por otro lado la manga ó largo del exe transversal L S es muy corto, y toda la distancia á que podrán desviarse los pesos del centro C hácia las bandas no dificultará sensiblemente su buen gobierno.

626 Reuniendo lo dicho tenemos, que en la ordinaria figura de los buques para que la estiva contribuya á mantener en estos las ventajas del buen gobierno, y suavidad en los balances y cabezadas para la subsistencia de sus palos, importa recoger en el centro C las materias mas pesadas separándolas de los extremos ó cabezas de popa y proa, y apartándolas hácia las dos bandas. Estas dos reglas convienen con la que sentamos (art. 619. y 620.) para impedir el quebranto de los buques. En efecto, de las dichas resulta que el espacio de en medio debe recibir la mayor parte de la carga; pero tambien este espacio desplaza mayor cantidad de fluido que todos los otros. En conseqüencia los extremos pueden cargarse muy bien con un peso proporcionado á su desplazamiento. Puedese pues proporcionar la estiva de modo, que contribuya á conservar á los buques sus figuras y propiedades. Sin embargo muchas circunstancias dificultan el que se llenen todas estas miras interesantes. La gran diferencia que reyna entre los fondos de las inmediaciones de popa y proa, obliga muchas veces á alejar el hierro del centro C para situar el buque en su correspondiente línea de agua.

627 El único punto que nos resta conciliar en este general método de estivar las embarcaciones es, el de conservarles toda la posible velocidad en sus varias posiciones. Para esto importa primero resolver la qüestion de si la estiva influye en la velocidad de los buques. Si consideramos tan solo las alteraciones de la estiva relativamente á lo que pueden variar los calados de popa y proa, convendremos con Mr. Rommé en que es preciso que estas diferencias sean

extraordinarias, para que causen un efecto sensible en las resistencias del agua, y por consiguiente en su movimiento. El autor deduce su asercion de experiencias hechas en el modelo del navio Frances el Ilustre, el qual hizo mover dándole sucesivamente 0, 2, 4 y 6 pulgadas de diferencia en su calado, y advirtió que á pesar de las diversas posiciones de su quilla una potencia constante le comunicaba siempre una velocidad igual. Lo mismo verificó en botes grandes. No obstante semejantes experiencias hechas en aguas tranquilas, no deben servir de regla para la práctica de las navegaciones; y con dicho autor advertiremos que en la mar, la mera traslacion de pesos de uno á otro sitio de un buque basta para alterar su velocidad; y aunque esto no dependa de los varios calados, y sí de la alteracion del plano de las velas respecto al viento que altera su fuerza, que varía la estabilidad, y combina diversamente la fuerza de las velas con la resistencia de las aguas; sin embargo ateniéndonos á los resultados debemos concluir, que la estiva influye aunque indirectamente en la velocidad de los buques aun en el caso de navegar en mares tranquilos. Si de estos nos transportamos á los agitados, observaremos mejor el influxo de la estiva en la velocidad de las embarcaciones, atendiendo á sus balances, cabezadas y á la facilidad de elevarse sobre las olas. La irregularidad de todos estos movimientos á causa de los varios estados del mar, no nos permite sentar una regla general de estiva que conduzca en todas circunstancias á lo mas veloz de su movimiento; y en quanto á las particulares, nos reducimos á lo dicho (art. 574., 575. y siguientes) en la explicacion de las fórmulas de D. Jorge Juan.

628 En una embarcacion nueva parece indispensable, que el Ingeniero constructor determine no solamente la cantidad y especie de lastre, sino tambien el órden en que debe colocarse. En primer lugar el que construye un buque, para combinar todos los fines de su servicio, debe tener presente los meses de aguada y víveres que ha de contener, y no puede ignorar el peso y figura de la vasigería y demas efectos, juntamente con el lugar prefixado de los cañones, pólvora, y otros ramos de su armamento. Arreglado á estos conocimientos y á los que tiene del peso del casco y de la capacidad interior del buque, determinará por medio del desplazamiento (art. 366.) la especie y cantidad de lastre que se necesita para que el navio quede en la línea de agua de su construccion. En quanto al órden de colocar el lastre y distribuir los pesos, debe proceder arreglado

á la elevacion que se ha de dar al centro de gravedad de todo el buque armado, para que los momentos con que el navio inclinado procura adrizarse sean suficientes; y para esto le ha de ser notorio el metacentro. Baxo estos y otros principios podrá distribuir el lastre, para que se verifique la determinada altura del centro de gravedad, y la distancia de este punto á los extremos de popa y proa, en atencion á su gobierno. Á vista de estas leves insinuaciones se presenta claramente, quan dificil será el que todo otro oficial distinto del constructor, por instruido y práctico que aquel sea, estive un buque nuevo sin perjuicio de alguna de sus propiedades. En efecto ignorante de todos los conocimientos y miras del Ingeniero, se reducirá á estivar con imitacion á lo practicado en otros buques, cuya práctica disconvendrá precisamente siempre que no sean de igual construccion y porte.

629 Aunque la circunstancia de ser propio del Ingeniero constructor el correr con la estiva de un buque en su primer armamento, parece que debe retraernos de seguir nuestras reflexîones en un tratado dirigido á la instruccion de los maniobristas principiantes, sin embargo muchas otras razones nos mueven á lo contrario. En primer lugar, despues de armado un buque nuevo, queda ya á cargo del maniobrista el exâmen de sus propiedades en el discurso de la campaña, en la qual mal podrá discurrir con algun acierto, si no ha presenciado con inteligencia todo el por menor del armamento, y si no recorre con ojos inteligentes el plan de estiva dado por el constructor, que debe conservar en su poder. Por otro lado en los varios destinos de los buques ocurre freqüentemente aumentar ó disminuir su cargamento y estivarlos de nuevo, cuyas faenas quedan al cargo del maniobrista, y no le permiten sin desdoro suyo ignorar los conocimientos de este ramo tan interesante de su facultad, del qual puede sacar mucho partido en las varias circunstancias de la navegacion, como claramente se ha visto en varias partes de esta obra.

630 Dados los principios generales acerca de la estiva, lo primero que se ofrece para estivar un navio que flota en el agua, sin mas peso que el de su casco y arboladura, es averiguar hasta que altura ha de quedar profundizado su casco horizontalmente en el fluido para navegar convenientemente, y si es de guerra para que su bateria conserve la elevacion sobre el agua que le sea mas ventajosa para el uso de su artillería. El plano pues ó línea horizontal que determina en los costados del navio la elevacion del agua de que ha-

blamos, se llama, como se indicó (art. 379.), la línea de agua ó de flotacion de un buque. En conseqüencia viendo hasta que altura llega el agua quando el buque flota con el solo peso de su casco y arboladura, y sabiendo hasta que altura debe profundizar mas en el fluido para llegar á su determinada línea de flotacion, podremos determinar por el art. 379. en pies cúbicos de Burgos, Ingleses ó Franceses, el espacio encerrado entre la línea de agua de un navio á flote y la que debe tener para navegar. Supongamos que se tenga el valor de este espacio en pies de Burgos, y que sea = 52816; multiplicándolo por 779, que es el número de onzas castellanas que pesa cada pie cúbico de Burgos de agua del mar, tendremos en el producto 41143664 el número de onzas de peso que deberemos añadir al navio para que se verifique el tal desplazamiento. Si los pertrechos y municiones de un navio de guerra, sus repuestos, víveres, tripulacion y aguada pesasen el mismo número de onzas ó quintales, es claro que semejante buque con la sola carga de sus pesos necesarios profundizaria hasta la línea de agua determinada por su constructor, y seria superflua la adicion del lastre de hierro ó piedra, cuyo arreglo en la bodega se denomina enjunque. Sin embargo debemos advertir que la mayor parte de los pertrechos de un navio, como la artillería, embarcaciones menores y aparejo, tienen un lugar determinado para su servicio, y si este lugar es muy elevado sobre la línea de agua como se verifica en los ramos insinuados, que son los de mayor peso, resultaria muy alta la colocacion del centro de gravedad (art. 426.) con perjuicio de la estabilidad y otras propiedades de los buques. En virtud de lo qual debemos considerar siempre como necesaria la adicion del lastre de hierro ó piedra en la bodega, para que contrareste la elevacion de los momentos de la artillería y otros pesos altos, y combinándose con ellos nos resulte el centro de gravedad, ni muy alto, ni muy baxo respecto á la quilla, en la situacion mas propia para contribuir á las mejores propiedades de los buques sin perjuicio de algunas de ellas, por su decidida propension á las restantes. Presente esto, se colocan á lo largo de una columna vertical, las sumas particulares de los pesos de la artillería, tripulacion, cargos del Contramaestre, Carpintero y demas oficiales de cargo, víveres, pólvora, ánclas, aparejo, respetos, balería &c.: se hace la adicion de todas estas sumas particulares que yo supongo = 16594 quintales = 26550400 onzas. Comparando esta suma con 41143664 onzas, que es el peso necesario para que se ve-

rifique el correspondiente desplazamiento, se vé que importa cargar el navio de 14593264 onzas á mas del peso de los efectos anteriores. Las tales 14593264 onzas $=$ 9120 quintales $\frac{1264}{1600}$, es lo que debe pesar el enjunque de hierro y piedra que se ha de arreglar en la bodega.

631 Teniendo ahora presente lo dicho (art. 619. y 620.) acerca de la distribucion de pesos mas propia para evitar el quebranto de los buques (lo qual nada perjudica á sus demas propiedades (art. 626.)) concluiremos que debemos proceder en el repartimiento del enjunque, aguada, víveres y demas efectos que no tengan un lugar prefixado, como si no hubiese division alguna en la bodega, ni pañoles en el sollado, que nos prescriban poner hierro donde es conveniente colocar madera; xárcia y velas donde víveres, y así en adelante. Pero mientras llega el momento de alterar convenientemente estas divisiones arbitrarias, importa que las individualizemos brevemente, á fin de proceder despues al ordinario modo con que se distribuyen en las embarcaciones los efectos de que acabamos de hablar. En conseqüencia para que resulte de alguna mayor utilidad la materia de los siguientes artículos, recorreremos el método general de estivar los buques observado hoy en dia entre nosotros, y teniendo presente el que observaban los Franceses, segun lo describe Mr. Rommé en su libro *L'art de la Marine* impreso en el año 1787, advertiremos á su tiempo las diferencias de ambos métodos. De esta suerte lo que habia de ser una exposicion material de las divisiones interiores de nuestros buques y de nuestro comun modo de estivarlos, servirá de cotejo en un asunto, para cuya perfeccion interesan tanto las comparaciones y recoleccion de prácticas.

632 La Lam. XX. fig. 164. nos manifiesta un plano de la bodega ó de aquella parte interior de un navio Frances de 74 cañones, comprehendida entre un plano horizontal que pasa por el sollado y la misma quilla: esta parte inferior se considera observada desde arriba á vista de páxaro. En este supuesto comenzando desde el extremo de proa para popa, *g h* manifiesta una division que atraviesa el buque de babor á estribor, y termina el espacio *a*, comprehendido entre la roda y el plano divisorio *g h*; este espacio *a* deposita el carbon de piedra y puede llamarse el pañol del carbon. *c d* es otra division paralela á la primera *g h*, y en todo el lugar comprehendido entre ambas divisiones se forma un buen entablado á alguna ele-

vacion sobre la quilla, para mantener libres de toda humedad los efectos que vamos á describir. En todo el espacio *e f c d* se colocan en vueltas circulares ó adujas los cables, cuyos chicotes pasan por el intermedio dexado en la division *e f*, y van á amarrarse al pie del palo de trinquete. En la parte superior al espacio G, comprehendido entre las divisiones *e f* y *c d*, se dispone la escotilla llamada de los cables, cuya abertura corresponde al centro del cilindro formado por sus adujas ó vueltas circulares. En el lugar encerrado por la primera division *g h* y la *e f*, se notan dos cofres ó caxones para cartuchos sobre una y otra amurada indicados con la letra *b*; todo el lugar que queda entre estos caxones y las divisiones *g h* y *e f*, se llena con varios efectos de respeto correspondientes al aparejo. Todo el espacio que terminan las divisiones *c d* y *t u*, se denomina bodega. En este espacio *s* manifiesta la caxa de las bombas del palo mayor, y delante de estas se coloca el pozo de las balas *n v*, en donde se depositan gran parte de las pertenecientes á los diversos calibres de la artillería del buque. La division *x y*, dispuesta de babor á estribor á uno y otro lado de la caxa de las bombas, sirve quando el navio está armado para dividir el espacio H del M, ó lo que es lo mismo, el lugar destinado al agua entre *c d* y *x y*, del señalado para el vino y otras provisiones entre *x y* y *r z*. Entre las divisiones *r z* y *t u*, se comprehende el espacio que deposita las provisiones correspondientes á la mesa del Capitan: la anchura de este sitio en el sentido de proa á popa, corresponde con corta diferencia á la longitud de una pipa. Desde *t u* para popa se forma otro entablado semejante á aquel en que descansan los cables, y abraza el lugar comprehendido entre las divisiones *g h* y *c d* de la parte de proa. Todo el intervalo *t u p q o* se denomina pañol de la pólvora. P señala el lugar de la caxa de las bombas del palo de mesana. Entre esta caxa P y la division *t u*, se colocan los barriles de pólvora, y los cartuchos ya preparados se depositan en los caxones *i*, *k*, *l* de una y otra banda. Para impedir toda comunicacion con dicho pañol de la pólvora se toman varias precauciones. En muchos buques se forma la division *t u* por medio de dos mamparos paralelos, cuyo intermedio se llena con tierra, y compone por este medio una especie de pared ó terraplen que intercepta con mas seguridad la comunicacion de la bodega con el pañol, el qual se acostumbra forrar de cobre por su parte interior. Como este pañol de la pólvora solo puede alumbrarse con luz artificial, se le dá esta por medio

de una lámpara situada en la caxa de las bombas, ó en el pañol del Comandante. Tales son las divisiones que se acostumbraban practicar en las bodegas de los navios Franceses en el año de 1787., segun lo describe Mr. Rommé en su obra citada.

La Lam. XX. fig. 165. nos representa el sollado de un navio Frances de 74 cañones considerado á vista de páxaro, como se ha dicho de la bodega. El corredor que ocupa la letra A, se forma á uno y otro costado del navio por medio de una barandilla y ambas amuradas de babor y estribor; nosotros damos á este corredor el nombre de callejones de combate. La entrada en estos callejones se ve en los intervalos dispuestos á uno y otro lado de la escotilla mayor *l*. *f* Nos representa la escotilla llamada de los cables, porque corresponde verticalmente al lugar de estos en la bodega. La primera division transversal dispuesta inmediatamente á la parte de proa de la escotilla *f*, y que se termina á uno y otro lado de la barandilla de los callejones de combate, encierra los pañoles *c* y *b* que depositan granos, y el pañol *d* del Contramaestre que encierra varios efectos de su cargo. Todo el lugar restante entre estos pañoles y la proa, se ocupa con distintos géneros como sebo, motonería, cabos de labor, pintura &c. Á un lado y otro de la escotilla de los cables *f* hay dos pañoles *h* y *g* correspondientes al cargo del Carpintero y Calafate. Mas adelante y frente por frente de la escotilla mayor *l*, se disponen por una y otra banda de la varandilla de los callejones de combate otros pañoles marcados con las letras *i*, *k*, que incluyen los respectivos cargos de Piloto, Maestro de velas y Cirujano, y ademas la ropa y otros efectos de los difuntos. Todo el espacio del sollado, comprehendido entre la primera division de la parte de proa de la escotilla *f* y el mamparo que se nota á uno y otro lado de la caxa de las bombas *n*, sirve para acomodar los enfermos y heridos en el caso de un combate. El lugar que abrazan, la division transversal de la caxa de las bombas y la primera interrumpida hácia popa, encierra en sus correspodientes pañoles *r*, *s*, *t*, formados á uno y otro lado de la barandilla, provisiones para la plana mayor y resto de la tripulacion. En el intermedio se distribuyen diariamente las raciones, y en conseqüencia todo el espacio mencionado se denomina despensa. El pequeño corredor que principia al fin del pañol *s* de la despensa, incluye la caxa de las bombas del palo de mesana y las escotillas *z* y *g*; una de ellas sirve para baxar los barriles de pólvora y acomodarlos en este pañol; la otra facilita paso al Condestable al mismo

pañol, para que pueda atender durante un combate á quanto se ofrece en el servicio de la artillería. En todos los tres pañoles de una y otra amurada y lados del corredor, se almacenan las galletas y barriles de harina destinados al consumo diario de la tripulacion. El último espacio de popa *u*, comprehendido entre el codaste y la última division de popa, sirve de depósito á varios utensilios de la artillería del cargo del Condestable. Tales eran las distribuciones del sollado observadas entre los Franceses en un navio de 74 cañones, por última disposicion de Mr. L'Marechal de Castries, segun nos dice Mr. Rommé en su obra ya citada del año de 1787.

633 La Lam. XXI. fig. 166. nos representa la bodega del navio San Ildefonso del porte de 74 cañones vista en los mismos términos que hemos insinuado en el art. 631. y Lam. XX. fig. 164. El espacio P, comprehendido entre la roda y la primera division *m n* hácia popa, se denomina el pañol del Contramaestre en la bodega; en este espacio acomoda dicho Oficial de mar los efectos mas pesados de su cargo como son los quadernales de dar de quilla, toda la motonería de respeto, todas las guindalesas, caxones de velas de sebo y otros efectos. El pequeño quadrilongo punteado O indica el lugar de la bodega que corresponde á la escotilla O de la Lam. XXI. fig. 167. en el sollado, por la qual se baxa á esta parte de la bodega. La correspondencia de todas las escotillas del sollado de la Lam. XXI. fig. 167. se indican por líneas punteadas en la Lam. XXI. fig. 166., y se representan por las mismas letras.

El lugar comprehendido entre la primera division *m n* de la parte de proa, llamada mamparo del pañol del Contramaestre, y la division *y x*, llamada mamparo de la despensa, se denomina bodega. En este espacio se debe considerar el lugar encerrado entre las divisiones *y x* y *c d*, en todo el qual y al rededor de la escotilla mayor M, de la caxa de balas S, y la de las bombas ó del agua A, se forma á cierta elevacion del piso de la bodega un entablado ó sollado levadizo, para acomdar en él los cables, calabrotes y otros cabos, libres de toda humedad, y en el intermedio de las andanas de la aguada. Este espacio representado por las letras *a*, *a* se llama arras. El quadrilongo punteado E corresponde á la escotilla de proa E de la Lam. XXI. fig. 167. en la cubierta de la bodega ó piso del sollado. Los números 1 y 2 puestos á las partes de proa y popa de esta escotilla E, en la Lam. XXI. fig. 166., manifiestan el lugar de los pies de carnero de dicha escotilla, que son unos puntales en los qua-

les hay labrados una especie de escalones ó toynos, y sirven para establecer la comunicacion entre el sollado y bodega; el que está á la parte de popa de la escotilla, y se representa con el n.° 2, se denomina pie de carnero popes; y el significado con el n.° 1 y que cae á la parte de proa, se llama pie de carnero proel de dicha escotilla. En toda la bodega se acomoda el lastre y aguada en los términos que insinuaremos en el art. 635. y siguientes.

El lugar comprehendido entre el mamparo de la despensa *y x* y la division *z t*, llamada mamparo de Santa Bárbara, se denomina despensa: en este espacio D se acomodan las barricas de carne, queso, tozino &c. como veremos art. 639. El quadrilongo punteado R corresponde á la escotilla R de la despensa de la Lam. XXI. fig. 167., por la qual se baxa á esta parte de la bodega.

El sitio B, comprehendido entre el mamparo de Santa Bárbara *z t* y la division interrumpida *f g*, sirve para acomodar los barriles de pólvora, y se denomina pañol de la pólvora. El lugar C sirve para que el Condestable y algunos otros artilleros puedan trabajar en el encartuchado de la pólvora; y los espacios significados á babor y estribor con las letras *e*, *e* sirven para depositar los cartuchos correspondientes á los distintos calibres de la artillería del buque. El lugar limitado por las divisiones *q p* y *r s*, y que se significa por la letra F, sirve para la colocacion del farol que da luz al lugar C, donde trabaja el Condestable, al traves de la division transparente *q p*. El último sitio X, comprehendido entre la division *r s* y el codaste, se denomina pañol de la xarcia del Condestable donde este acomoda los bragueros, palanquines, ruedas de cureña, y otros efectos de respeto pertenecientes al servicio de la artillería. El quadrilongo punteado *o* corresponde á la escotilla *o* de la Lam. XXI. fig. 167. por donde se baxa á este sitio. El mamparo *z t* de Santa Bárbara que divide el pañol de la pólvora de la despensa y resto de la bodega, suele formarse con ladrillos, para impedir mejor la comunicacion de todo incendio prendido á la parte de proa del mamparo.

La Lam. XXI. fig. 167. nos representa el sollado del navio San Ildefonso considerado á vista de páxaro desde la parte superior del buque, y en los mismos términos que indicamos en el art. 631. y Lam. XX. fig. 164. El espacio P, comprehendido entre la roda y la primera division *t s* hácia la popa, se denomina el pañol del Contramaestre en el sollado. En este sitio deposita el tal Oficial de mar otros varios efectos de su cargo como piezas de veta, los motones y

quadernales con gazas, &c. El pequeño corredor representado por la letra K, se llama el callejon de combate. En el pañol P de la xarcia del Contramaestre se advierte la entrada en estos callejones en las aberturas de una y otra parte.

El espacio V, comprehendido entre el mamparo *t s* y el *x y*, se denomina pañol de velas, y sirve para depositar las velas del buque.

Los pañoles representados por las letras *b*, *f*, *c*, *v*, sirven para depositar los cargos del Carpintero, Sangrador, Calafate y Farolero. Todo el lugar restante entre la division *x y* y la *c d*, exceptuando el correspondiente á la caxa de balas S y á la de bombas A, sirve para acomodar varios utensilios del buque, y entre ellos los cargos de la lancha, bote y serení; y en el caso de un combate se emplea con las camas de los enfermos y heridos, sirviendo ademas para que el Cirujano practique con desahogo las diligencias necesarias á su curacion. Los números 4 y 4 nos manifiestan dos portas corredizas, dispuestas en los dos mamparos opuestos de los quatro que forman la caxa del agua, y sirven para que por ellas pueda baxar la gente á reconocer este sitio quando se juzgue necesario.

El espacio D, comprehendido entre *c d* y *z t*, se llama despensa; y en este sitio se distribuyen diariamente las raciones. Todos los pañoles representados por la letra *p* sirven para acomodar el pan, las legumbres y otros comestibles.

El pequeño corredor *u*, *u* da paso al Condestable para que pueda baxar á encartuchar por la escotilla B; y por la escotilla Q baxa á la caxa del farol. En *w* puede acomodar el Condestable algunos utensilios, y quando ménos sirve aquel sitio, para colocar la luz necesaria para alumbrar toda aquella parte.

El sitio X, terminado por la division *r s* y el codaste, se denomina el pañol de la xarcia del Condestable.

634 Previa esta enumeracion de las divisiones interiores de nuestros buques, pasaremos á indicar la práctica que se observa en la formacion del todo de la estiva. Para esto supongamos que ademas del peso de la artillería, tripulacion, repuestos, víveres y aguada, necesite el navio de nuestro exemplo 14324 quintales de lastre para calar hasta la determinada línea de agua dada por el constructor.* El

* El peso del lastre indicado, y el repartimiento que vamos á manifestar, es próxîmamente el mismo que observó en la formacion de la estiva del navio de 74 cañones nombrado S. Ildefonso, el Teniente General de la Real Armada D. Joseph de Mazarredo en el verano de 1785.

lastre suele darse en hierro y piedra. Demos el caso que se nos hayan dado en piedra 6850 quintales, y los restantes 7474 de hierro en los efectos siguientes: á saber, 2874 quintales en cañones viejos; 4331 en bombas excluidas, balería, trabas, pernos &c. y 269 en lingotes. Ateniéndonos á lo dicho (art. 619. y 620.) acerca de evitar el quebranto de los buques, se infiere desde luego lo que deberiamos practicar para repartir en la bodega esta primera parte de la carga, proporcionándola de modo que los espacios de la bodega recibiesen un peso igual al de su desplazamiento de agua. En el art. 673 trataremos á la larga este proceder; pero entre tanto debemos limitarnos á describir la práctica mas comun que se observa en dicho repartimiento, y la qual se aparta poco en este particular de las reglas prescriptas en los art. 673. y 674. En efecto por aquellas reglas conviene repartir la mayor parte del peso en los espacios de la mayor manga del navio, y esto mismo tiene lugar en la práctica ordinaria como vamos á ver.

El espacio P (Lam. XXI. fig. 166.), comprehendido entre la roda y la primera division *m n* que se llama mamparo de proa, se halla separado del resto de la bodega. Lo mismo se verifica respecto á la division z *t* llamada mamparo de Santa Bárbara, que divide el depósito de la pólvora del espacio restante. En conseqüencia los 14324 quintales que componen el todo del enjunque ó lastre, deberán repartirse entre el espacio encerrado entre los mamparos *m n* y z *t*. De este espacio se separa aun todo el comprehendido entre el pozo de la escotilla E de proa, y su inmediato mamparo *m n*. De suerte que el sitio destinado para el arreglo del enjunque se debe contar desde el pozo E de la escotilla de proa hasta el mamparo z *t* de Santa Bárbara.

Para que en adelante reflexîonemos acerca del influxo de la estiva en los movimientos del navio, seguiremos en el que nos hemos propuesto por exemplo la distribucion particular de su enjunque. En el dicho se colocaron en bodega, desde el mamparo *y x* (Lam. XXI. fig. 166.) de la despensa hasta el pie de carnero popes 2 de la escotilla E de proa, 5750 quintales en piedra, y 6774 en hierro; de este último se repartieron por igual en todo el espacio insinuado 4413 quintales en cañones y otros efectos excluidos, y los restantes 2361 se colocaron en el pozo M de la escotilla mayor, en las arras *a*, *a*, y á uno y otro lado de dicha escotilla M. En despensa se distribuyeron 1100 quintales en piedra y 700 en hierro, desde el mamparo

x y de la despensa hasta el pie de carnero popes de la escotilla R. Tal fué la distribucion de los 14324 quintales del enjunque ó lastre en el navio de nuestro exemplo.

Por esta distribucion se vé que las arras, pozo de la escotilla mayor, y todos los demas sitios que corresponden á la mayor anchura del navio, reciben tambien la parte mas pesada de la carga; puesto que ademas de la parte del peso que les cabe de los 5750 quintales de piedra y de los 4413 de hierro repartidos por igual, los sobrecargamos con 2361 quintales.

635 En quanto al modo mecánico de arreglar el enjunque en el espacio mencionado se procede en los términos siguientes. Se tiende en todo él por igual una capa de piedra mas ó ménos alta, segun las circunstancias, y sobre esta capa se colocan los cañones y demas efectos de hierro excluido. * Los cañones se colocan por igual á una y otra banda de la quilla ó exe longitudinal A C (Lam. XX. fig. 163.) de suerte que lo largo de ellos sea perpendicular á este exe, mirando sus bocas á los lados de la quilla, y sus culatas á la línea que termina en los costados el plano del navio. Las bombas y demas hierro excluido se reparten por igual á uno y otro lado de la quilla, y pueden colocarse en hileras desde esta hácia una y otra amurada, á fin de que el centro de gravedad de cada hilera de bombas se separe todo lo posible de la quilla del navio. Una vez repartido todo el hierro se cubre con otra capa de piedra, procurando rellenar bien con piedra los huecos entre cañon y cañon y los demas efectos, á fin que el todo del enjunque forme un sólido unido en la mejor forma posible para dificultar qualquiera descomposicion en el todo de la estiva, y mantenerla constante en medio de las mayores cabezadas y balances. Con este objeto quando se distribuye el lastre de hierro y piedra, y todos los demas efectos pertenecientes al armamento, se debe tener gran cuidado en repartir pesos iguales equidistantes de uno y otro lado de la quilla ó exe longitudinal. Por exemplo, si en cierto espacio se han de colocar veinte, quarenta ú otro número par de cañones, conviene elegirlos del mismo calibre, y situarlos opuestamente en estribor y babor á igual distancia de la quilla; lo mismo se debe entender con las bombas y otros efectos, haciendo que todos

* Quando interese aumentar el peso de los mismos efectos de hierro para disminuir en lo posible la elevacion del todo del enjunque, á fin de acomodar mas tongas de pipería, se pueden llenar los cañones destinados al lastre con balería del mismo calibre, y las bombas con arena ó tierra.

los que sean de igual peso y figura ocupen los mismos sitios en una y otra banda.

La prevencion que acabamos de indicar, al paso que puede contribuir para la subsistencia de la estiva, es indispensable para que el centro de gravedad de todos los pesos cayga sobre la misma quilla A C y no incline el navio sobre babor ó estribor, á causa de residir en uno ú otro costado. Esta diversa inclinacion del buque á una qualquiera de sus bandas, se evidencia inmediatamente midiendo con escrúpulo, en dos portas opuestas del medio de su batería, la elevacion del canto de las tales portas sobre el nivel del agua. Pero para que los trabajadores en la bodega tengan una norma que los dirija en la distribucion de sus pesos, y les advierta allí mismo la irregularidad del cargamento, es muy útil la colocacion de una plomada suspendida en lo alto de los puntales de la bodega que corresponden á la escotilla mayor. Dicha plomada manifestará por sus inclinaciones, aquellas que padece el barco, y la parte hácia donde conviene distribuir los pesos sucesivos para lograr el equilibrio.

Despues de este cuidado en la colocacion del lastre de hierro y en la distribucion de la capa superior del lastre de piedra, que debe formar el todo un sólido bien unido, se procura nivelar esta última superficie, para el mejor acomodo de la pipería y demas efectos en los términos que vamos á describir.

636 La leña se puede acomodar en una pila de determinada altura, desde el pie de carnero popes 2 de la escotilla de proa E, hasta el mamparo *m n* (Lam. XXI. fig. 166.); en el mismo parage se puede colocar algun alquitran del cargo del Contramaestre.

Todo el lugar restante desde el pie de carnero popes 2 de dicha escotilla hasta el mamparo *z t* de Santa Bárbara, se destina para la aguada, vino y otros efectos. El lugar comprehendido entre *m n* y *x y* llamado bodega, debe contener la aguada en tres tongas ó andanas de tonel, tonelete y pipa, segun los meses de agua que importe llevar. El vino, barricas de tocino, carne salada, queso y otros comestibles se acomodan en sus respectivas tongas ó andanas, en todo el espacio D denominado despensa.

637 Para la colocacion de la primera andana de toneles de agua en la bodega, que es idéntica á la que deben tener los de vino en la despensa, importa medir primero la longitud de la bodega, y constándonos por otro lado la longitud de cada tonel, se concluye el número que longitudinalmente se pueden acomodar entre la pila de le-

ña y el mamparo x y, á fin de conocer si en este espacio cabe determinadamente un número de toneles; y en el caso de quedar algun vacio se sabe su cantidad, para llenarlo con una hilera de toneles dispuestos á la inversa de los demas: esto es, lo largo de ellos perpendicular á la quilla. En todo caso se procura que el vacio resulte hácia uno de los dos mamparos, para la mejor colocacion de la última hilera de toneles ó pipas en los términos insinuados. Con el objeto de la mas firme subsistencia de esta primera andana de toneles, se profundizan ó entierran en el lastre hasta una determinada altura, y para preservar sus fondos de la humedad pueden alquitranarse. * Siendo interesante el que las bocas de toda una andana de pipería queden á nivel, es preciso muchas veces enterrar mas los toneles que terminan la tonga por ambos costados, ó elegirlos de menor tamaño, á fin de que toda la tonga resulte horizontal, á pesar de la curvidad y mayor elevacion que toma la figura interior del navio hácia ambas amuradas. Con el objeto de que los toneles estriben sobre sus extremos que están mas fortificados por los aros, se colocan en el lastre sus correspondientes troncos para que descansen en ellos las extremidades de cada tonel. Sin esta prevencion sucederia que, como los toneles deben insistir naturalmente sobre el vértice ó punto mas elevado de su medianía, se enterrarian mas y mas por su peso y el de las tongas superiores, y estarian mas expuestos á romperse, estribando y habiendo de sostener un peso extraordinario casi sobre un punto. Colocada esta primera andana de toneles, se pasa á llenarlos de agua por medio de las mangueras conocidas de todos. Entre tonel y tonel se introducen varios tronquitos ó astillas que hacen el oficio de cuñas, é impiden que se maltraten con el contacto y especie de percusion que podrian recibir uno con otro en las cabezadas ó balances. Con el objeto de constituir horizontal esta primera tonga de pipería, se llenan con astillas á propósito las desigualdades que ofrece la figura curva de los toneles por su parte superior. Llena ya de agua y consolidada en la forma expuesta esta primera andana de toneles, se tapan sus bocas con un pedazo de lona que se afirma al rededor. El uso de la lona ó lienzo para tapar la pipería es preferible á otros tapones sólidos y ajustados de madera ó corcho, habiendo manifestado la experiencia que el servicio de estos últimos corrompe el agua

* A pesar de esta precaucion suelen podrirse los fondos de los toneles; y en conseqüencia se ha prevenido que no se entierren en el lastre.

mas breve. Sobre el pedazo de lona se puede colocar una planchuela de hoja de lata con varios agujeritos al modo de las salvaderas, con el fin de dexar libre la evaporacion al agua, é impedir el ingreso á los ratones. En quanto al arreglo de la primera andana de tonelería en la despensa nada tenemos que advertir, debiendo proceder en los términos indicados para los toneles de agua, con la diferencia que los de vino se tapan con tapones sólidos.

Para la formacion de la segunda tonga de toneletes tanto en la bodega como en la despensa, se procede con las mismas precauciones insinuadas para la primera. Se distribuyen algunas astillas sobre los primeros toneles como hemos dicho, y ademas se hacen tambien descansar sobre dos troncos las extremidades de cada tonelete de esta segunda tonga, para que el vertice ó punto superior de su medianía no insista sobre una determinada parte de los toneles inferiores, haciéndoles resistir sobre un solo punto el peso de las andanas. Igualmente se introducen entre tonelete y tonelete varias cuñas para que no se maltraten. En quanto á la colocacion de los toneles, se puede tal vez hacer de modo, que con la suspension de un tonelete se descubran las bocas ó agujeros de dos toneles inferiores.

638 Sobre esta segunda andana se forma la tercera sin diferencia de las dos anteriores. Debemos advertir que en el navio San Ildefonso, en el Paula y otros de nueva construccion, solo se puede colocar una andana de toneles entre la última capa de lastre y el tablado levadizo dispuesto entre $c\ d$ y $x\ y$ para los cables. En las divisiones observadas entre los Franceses en el año de 1787, como advertimos (art. 632.), iban los cables á proa, y se formaban las tres andanas de pipería sin interrupcion, desde su mamparo $c\ d$ de proa (Lam. XX. fig. 164.) hasta el $x\ y$ de la despensa. Lo mismo tiene lugar entre nosotros en los navios de la antigua construccion, en los quales se adujan los cables sobre el sollado, y se llevan sus chicotes al palo mayor. * Veremos á su tiempo las diferencias que pueden causar en algunas propiedades de los buques, estas tres diferentes colocaciones que pueden darse á los cables en la proa, en la media-

* Quando por las circunstancias de la campaña no interesa llevar mucha agua, se dexa libre de pipería todo lo que hace á las arras y pozo de la escotilla mayor. Esto se practica principalmente con el objeto de aumentar ó disminuir la cantidad del lastre en aquel sitio, si acaso se ha padecido alguna equivocacion durante el armamento en el cálculo de los pesos, ó en el desplazamiento. Sin esta precaucion, sería menester deshacer la estiva en aquel parage, ó acomodar los nuevos pesos en sitios ménos á propósito, como en el pañol de proa, en el de la pólvora, ó en el pozo de la escotilla de proa.

nía, arriba ó debaxo las andanas de la aguada.

En qualquiera de estos parages que se coloquen los cables formando un cilindro con la superposicion de sus adujas ó vueltas circulares, es interesante prevenir el que no se deshagan estas vueltas con los movimientos del buque, y para el caso conviene sujetar cada capa ó tonga de estas vueltas con una boza, que puede afirmarse en sus correspondientes cancamos dispuestos en las amuradas. Asimismo es conveniente forrar la parte del costado, suelo de la cubierta y demas sitios donde toquen lôs cables, á fin de que no se destruyan con el continuo roce. Para el mas pronto servicio de estas amarras, se pueden llenar los vacíos que forman algunas de sus adujas con badernas y demas cabitos necesarios para su guarnicion y uso en varias circunstancias.

639 Quando no se coloca la leña en una pila contra el mamparo *m n* (Lam. XXI. fig. 166.) de proa, se suele distribuir entre los huecos de la última andana de pipería, y últimamete se arreglan en la mejor forma posible las pipas sueltas, que deben servir para remplazar la aguada y traerla á bordo en la lancha y otras embarcaciones menores, en las varias circunstancias de la navegacion.

En quanto al modo de acomodar en la despensa las barricas de tozino, queso, arroz, carne salada, &c. se puede seguir el órden de su consumo ordinario, colocando superiores á las otras aquellas que deban consumirse ántes.

En todo el arreglo de las andanas de pipería y demas efectos que ocupan el espacio de la bodega y despensa, se procede con el principal cuidado de mantener unido constantemente el todo de la estiva, y es excusado manifestar los inconvenientes que acarrearia el correrse la estiva sobre un determinado costado en la ocasion de un balance, ó el que el todo de ella cargase sobre una determinada banda, desviando el centro de gravedad de su constante coincidencia con el plano longitudinal que se eleva verticalmente sobre la misma quilla.

640 En el pañol de la pólvora, comprehendido entre las divisiones ó mamparos *z t* y *f g*, se acomodan los pequeños barriles de pólvora por el mismo estilo que los toneles y demas pipería en la bodega y despensa. Se colocan de proa á popa en el sentido de su longitud, se acuñan bien entre sí, y sobre la primera tonga ó andana de barriles se forma la segunda, y así en adelante. Si en vez de darse la pólvora en barriles se diese en jarras de cobre, estas se estivan

tambien á lo largo del pañol en el sentido de su longitud del mismo modo que los barriles.

En el último lugar de popa, comprehendido entre la division *r s* y el codaste, llamado el pañol de la xarcia del Condestable, acomoda este Oficial de cargo los utensilios y xarcia de respeto para el servicio de la artillería, como palanquines, bragueros, ruedas de cureña, pies de cabra, guardacartuchos, &c. En los caxones *e*, *e*, *e*, *e* se acomoda la pólvora encartuchada.

641 En la parte del pañol del Contramaestre que corresponde á la bodega y se termina por el mamparo *m n* y la misma roda del navio, acomoda dicho Oficial de mar los efectos mas pesados de su cargo, como son los quadernales de dar de quilla, toda la motonería de respeto, todas las guindalezas, caxones de velas de sebo y otros efectos.

642 En quanto al lugar del sollado comprehendido entre el mamparo *x y* (Lam. XXI. fig. 167.) del pañol de velas y el *c d* de la despensa, se ocupa con los efectos siguientes. Á la parte de estribor y junto al mamparo de la despensa en lo que vienen á ser las arras, se aduja el ayuste de la esperanza ó formaleza. Á la parte de proa de dicho ayuste se aduja tambien un cable sencillo para el uso del áncla de estribor, y en el espacio que queda hasta el pañol del Carpintero se adujan algunos calabrotes.

En la parte de babor y frente por frente del ayuste de la formaleza, se aduja el ayuste del áncla de leva. Á la parte de proa se adujan los dos cables sencillos de respeto, y en el espacio que queda hasta el pañol del Calafate se adujan los calabrotes restantes. Esta disposicion encontrada que hemos dado á los cables y calabrotes sobre una y otra banda, ademas de contribuir á mantener el equilibrio entre los pesos de babor y estribor, sirve tambien para la mejor sujecion y estiva de los demas efectos que se colocan en la cruxida del sollado, los quales quedan como emparedados por la elevacion de las adujas de dichos cables y calabrotes. Los efectos que se acomodan en la citada cruxida son; los quinales, corona de artillería, aparejos de combes, remos y otros utensilios de las embarcaciones menores. En el mismo sitio se adujan los orinques de áncla, bozas, estrobos de las mismas, y el cepo de la quinta áncla, cuyas uñas se entierran en el lastre, en el pozo de la escotilla mayor, y su caña se trinca contra los puntales ó pies de carnero de la misma escotilla.

643 En el pañol de velas se acomodan sobre la banda de estribor, las pertenecientes á los palos mayor y mesana; y sobre la banda de babor las correspondientes al palo de trinquete y al de baupres. Las velas de estay, foques, alas y rastreras, se situan en los huecos restantes. En el arreglo de estas velas se lleva el cuidado de colocar separadas las mayores y trinquetes de las gávias y velachos, con el objeto de echar mano breve de las que se necesiten, sin la contingencia de tomar unas por otras.

644 En el pañol P de la xarcia del cargo del Contramaestre, que es el último lugar de la parte de proa del sollado, se colocan todas las piezas de veta separadas segun sus menas, á fin de tomar sin confusion la veta de la mena necesaria. El mismo método se observa en la colocacion de los motones y quadernales con gazas, que deben estar prontos para las ordinarias faenas de á bordo, como para guindar un mastelero, ó izar una verga mayor que se desaparejó para empalmarla, &c. En el mismo pañol se acomodan otros utensilios de menor peso del cargo del Contramaestre, como rasquetas, escobas, &c.

645 En quanto á los efectos que ocupan la parte de popa del sollado, comprehendida entre las divisiones *c d*, *r s* y el codaste, debemos referirnos á lo dicho (art. 633).

646 Por poco que reflexîonemos en el arreglo y número de andanas de la pipería de la bodega, comprehenderemos que aquellas deben variar á medida del número de gente y de los meses que dure la campaña. En conseqüencia si por qualquiera de estas razones interesa llevar mas agua y víveres, es preciso disminuir la cantidad del lastre inferior por dos razones. La primera para dexar el navio en la correspondiente línea de agua, quitándole una cantidad de lastre equivalente al mayor peso del agua, víveres, gente y demas efectos añadidos. La segunda para que entre la superior capa del lastre y la elevacion de la cubierta de la bodega, puedan acomodarse las correspondientes andanas de pipas, leña y otros efectos aumentados. Quando por la mucha aguada que conviene acomodar en la bodega, importa disminuir el peso y singularmente el volumen del enjunque, reduciéndonos á servirnos de solo el lastre de hierro, se coloca este en el fondo de la bodega y despensa, y sobre él se acomoda inmediatamente la tonelería, formándole para su subsistencia un buen asiento con troncos, astillas, ó con haces de ramage por el estilo de la brusca.

647 Si por la ménos gente, mas corta campaña y otras causas semejantes, disminuyesemos la aguada y demas partes del cargamento, en tal caso es claro que importa aumentar el peso del enjunque para mantener calado el navio hasta su correspondiente línea de agua. Si en una ocasion semejante no hubiese lastre de hierro, pudieramos muy bien valernos de solo el lastre de piedra sin notable perjuicio de la estabilidad del buque. En efecto á causa de la mayor gravedad específica del hierro sobre la piedra, y de es a sobre el agua resulta, que así como el centro de gravedad de 5000 quintales de hierro y 2000 de piedra, está mas baxo que el de 2000 de hierro y 5000 de piedra, tambien el centro de gravedad de 5000 quintales de piedra y 2000 de agua, que compongan un sólido, queda mas baxo que el de 2000 quintales de piedra y 5000 de aguada que formen otro sólido semejante. En conseqüencia si en el navio de nuestro exemplo hemos de colocar en la bodega una ó dos andanas de pipería en vez de tres, el espacio que ántes ocupaba la tercera andana, nos permite introducir una cantidad de lastre de piedra suficiente para remplazar el peso disminuido; y á causa de las razones expuestas quedará bastante baxo el centro de gravedad de todo el cargamento de la bodega, formando el enjunque de solo lastre de piedra. Por una razon semejante, los navios que á causa de su mucha bodega admiten el lastre de piedra en cantidad suficiente para la verificacion de su calado sin perjuicio del acomodo de la aguada, leña y demas efectos, no han llevado, ni llevan muchas veces el menor peso en efectos excluidos de hierro.

648 Es comun en los varios destinos de las embarcaciones que, despues de su armamento arreglado para cierto número de tripulacion y meses de campaña, se alteren ambos presupuestos con motivo de un transporte de gente, municiones de guerra, remplazos de xárcias, lonas ú otros efectos. En todas estas circunstancias se vé, que la adicion de estos nuevos pesos ha de alterar proporcionalmente á su cantidad la primitiva línea de agua. Por lo tanto siempre que las circunstancias lo permitan, es muy del caso que el navio quede en la línea de flotacion mas ventajosa, calculando escrupulosamente en todos los armamentos, la diminucion ó aumento que conviene hacer del enjunque en recompensa de los pesos aumentados ó substraidos. Quando en una urgencia no sea dable alterar la estiva, habiendo de recibir un nuevo cargamento, es de primera necesidad el cálculo de la mayor elevacion que adquiere la línea de agua, á fin de

ver si con la adicion del peso expresado queda el buque con la suficiente batería para hacer uso de ella, y el todo de él en estado marinero. En conseqüencia para una fácil y pronta averiguacion de todas las alteraciones indicadas, es muy del caso que añadamos aquí, á mas de lo dicho (art. 382.), una breve explicacion de la construccion y uso de las tablas y escalas estereográficas que deben llevarse en cada buque.

649 Habiendo determinado por el art. 381. el volumen sumergido de un buque quando se halla calado hasta su correspondiente línea de agua, y por el art. 370. el número total de pesos quando está ya completamente armado, es claro que podemos tambien determinar el volumen sumergido del tal buque para el caso de estar á flote, ó sin mas pesos que los de su casco y arboladura; y restando este volumen del primero, tendremos la cantidad de pies cúbicos de desplazamiento que le ocasiona la carga, y por consiguiente el peso que conviene añadir al tal navio á flote para calarlo hasta su correspondiente línea de agua. Por un estilo semejante podemos ir determinando el peso necesario para hacer calar el navio de pie en pie ó de pulgada en pulgada. En conseqüencia se pueden construir unas tablas que indiquen, tal aumento de pesos, que número de pies hace profundizar mas al navio; é inversamente: como asimismo tales diminuciones en la carga, que número de pies elevan la bateria ó baxan la línea de flotacion. El uso de una tabla semejante no necesita la menor explicacion; pues desde luego se vé que en frente de la columna donde se indiquen los quintales de peso, deben hallarse en otra columna los pies que se eleva ó baxa la línea de agua.

650 Por lo que hace á la escala estereográfica debemos tener presente, que por el mismo estilo que se elige la libra por unidad para la comparacion de los pesos, y se supone dividida en 16 partes iguales llamadas onzas, á fin de contar por ellas los quebrados de libra, somos árbitros de elegir la tonelada de desplazamiento suponiéndola compuesta de 2000 libras ó de 32000 onzas, y valuar todos los pesos por toneladas y partes de tonelada que se expresarán en libras y onzas. Suponiendo dividido el cuerpo del navio por planos horizontales en los varios espacios prefixados en el art. 375. para determinar el centro del volumen, puede proceder el constructor del modo siguiente para trazar la escala estereográfica. 1.º Calculará por el art. 381. la solidez del espacio del navio comprehendido entre el primer plano que termina su ordinaria línea de flotacion y el se-

gundo. 2.° Multiplicará el número de pies cúbicos de este espacio por 779 onzas, que es lo que pesa cada pie cúbico de Burgos de agua del mar, y partiendo por 32000 onzas tendrá el número de toneladas correspondientes á este primer espacio. Por el mismo estilo determinará el número de toneladas y libras comprehendidas entre el 1.° y 3.° plano, entre el 1.° y 4.°, entre el 1.° y 5.°, entre el 1.° y 6.°, y entre el primero y último: cuyos valores supongo que sean por su órden 537, 4; 1045, 0; 1466, 6; 1783, 4; 1943, 0; haciendo cuenta de la adicion correspondiente por el volumen de los costados en cada plano, y por el de la quilla en el último. Despues de estas operaciones se tirará una línea horizontal R *s* (Lam. XXII. fig. 168.), y desde uno de sus extremos R se baxará la perpendicular ó vertical R T. Á lo largo de la línea horizontal se trazará una escala de decenas qualquiera, como se vé en la figura, y se llamará escala de las toneladas. Sobre la vertical R T se formará tambien una escala arbitraria de pies y partes de pie, la qual denominaremos escala de las líneas de agua. Principiando desde el punto R se tomarán en la escala de las líneas de agua, en pies y partes de pie, las distancias que median entre el 1.° y 2.° plano de flotacion, entre el 1.° y 3.°, entre el 1.° y 4.° &c.; que yo supongo valgan por su órden 3, 5; 7, 0; 10, 5; 14, 0; 19, 5; y se señalarán los puntos correspondientes por las letras *a*, *b*, *c*, *d*, *e*. Principiando tambien desde el punto R se tomarán en la escala R *s* de las toneladas el número de las toneladas y partes de tonelada que corresponden á los espacios comprehendidos entre los distintos planos de flotacion, que en el exemplo supuesto se expresan por las cantidades 537, 4; 1045, 0; 1466, 6; 1783, 4; 1943, 0; y se señalarán los puntos correspondientes por las letras *f*, *g*, *h*, *i*, *k* &c. Por los puntos *a*, *b*, *c* &c. de la escala de las líneas de agua, se tirarán punteadas unas líneas horizontales, y por los puntos *f*, *g*, *h* &c. de la escala de las toneladas, se baxarán sus correspondientes perpendiculares, y por todos los puntos de interseccion de estas verticales con las horizontales tiradas desde la escala de flotacion R T, se hará pasar la línea curva R *l m n o p*, y quedará construida la escala estereográfica cuyo uso es el siguiente.

Supongamos que en un navio, el qual no está calado hasta la línea de agua prescripta por el constructor, se quiera saber el número de toneladas de peso que conviene añadirle á fin de que se verifique. Para esto, á causa de la diferencia que suele establecerse entre los

calados de un mismo buque en sus extremos de popa y proa, importa saber que número de pies debe calar mas á popa y á proa para llegar á la establecida línea de flotacion. Supongamos que á proa necesite calar 4 pies y 8 pulgadas, y á popa 5 con 4; sumando ambas cantidades y de la suma sacando la mitad, nos resultarán 5 pies por la cantidad que proxîmamente debe profundizar mas el navio en la medianía de su costado, ó en el parage de su mayor manga cerca de la barenga maestra: dichos 5 pies los tomaremos en la escala R T de las líneas de agua, y desde su punto correspondiente tiraremos una línea horizontal, la qual encuentra en *u* la curva de que hemos hablado: desde el punto *u* de su interseccion con la curva levantaremos la vertical *u x*, y el número de toneladas y partes de tonelada que correspondan al punto *x*, en la escala R *s* de las toneladas, será el peso que es menester añadir al navio para que cale hasta su correspondiente línea de agua. En el exemplo supuesto se vé que importa añadirle 771 toneladas. Del mismo modo se procederá para hallar el peso que importa añadir en otra circunstancia. Teniendo las toneladas del peso que se ha de añadir, se baxa desde el punto correspondiente de la escala R *s* una vertical, y desde su interseccion con la curva R *l m n o p* se tirará una horizontal á la escala R T de las líneas de agua, la qual señalará en ella la cantidad de pies que debe sumergir el navio en virtud del nuevo peso.

651 Para generalizar el uso de esta escala se pueden trazar dos escalas de líneas de agua á lo largo de la misma vertical R T; la primera que cuente *o* en su principio ó parte superior R, que es el lugar correspondiente á la línea de agua con que se debe navegar; esta escala es la que hemos descripto, y va señalando desde R para abaxo el número de pies que ha de sumergir un buque de mas hasta llegar á la línea de agua de navegacion. La segunda que cuente *o* en la quilla ó parte inferior T de dicha línea T R, y que señale por el aumento de graduacion de abaxo para arriba, las elevaciones absolutas de las líneas de agua contadas á lo largo de la varenga maestra principiando desde la quilla. Por el mismo estilo podemos duplicar tambien la escala de las toneladas R *s*, haciendo que la una cuente *o* en el punto R y vaya señalando por el aumento de graduacion, las toneladas que interesa añadir para calar el navio hasta su ordinaria línea de agua; de suerte que el último número 2000 de esta escala, que anteriormente hemos descripto, señala todo el peso absoluto del navio incluso el de su cargamento. En la otra escala de toneladas se

pondrá *o* en el punto donde la corta la línea vertical *v o* elevada desde el extremo *v* de la horizontal *z v*, que corresponde á la línea de agua en que se halla el navio quando está sin el menor cargamento, y sin mas pesos que los de su casco y arboladura. Los números de esta última escala irán en aumento desde *o* hácia la izquierda y derecha. Los números de la izquierda, es á saber: los que irán creciendo desde *o* hasta R, señalarán el peso absoluto de las varias partes de la carga que corresponde á cada línea de agua; y los números de la derecha, esto es, los comprehendidos desde *o* hasta *s*, determinarán el peso de las diferentes partes del casco del navio, de su arboladura y aparejo; de suerte que la reunion de las dos cantidades colocadas en los extremos R y *s* de esta escala, incluirá todo el peso absoluto del navio armado y cargado. En vez de escribir las graduaciones de esta segunda escala de toneladas hácia la derecha é izquierda de la cifra *o*, podremos limitarnos á la primera escala de toneladas, y habiendo marcado en la parte superior el punto *o*, como se hace en la Lam. XXII. fig. 168., queda á nuestro arbitrio el deducir por medio de un compas los valores de los pesos que necesitemos.

Con el objeto de incluir en una sola escala estereográfica las escalas de varios buques, puede el constructor por el mismo estilo que trazó la curva R *l m n o p*, trazar las curvas R O, R P, R Q, R *p*, que terminan las escalas estereográficas de los buques de distinta construccion y porte; y despues debe tirar por todos estos puntos la línea O P Q *p*. Á los extremos O, P, Q, *p* de cada curva se escribe el nombre del barco cuya escala se representa por aquella línea, como Resolucion, San Fulgencio, San Ildefonso, San Francisco de Paula, &c. Para evitar confusion pueden significarse los barcos por los números 1, 2, 3, 4, &c. De este modo se tienen en una sola pieza las escalas estereográficas de muchos buques.

652 Desde luego se ve que el uso de semejantes escalas ha de estar sujeto á los errores propios de la construccion gráfica de los problemas geométricos, como el quartier, escala de Gunter y otros instrumentos. Segun el parecer de Mr. Leveque en su nota del art. 109. del segundo tomo del Exâmen Marítimo de D. Jorge Juan, en una escala estereográfica construida con todo escrupulo, solo se puede tener el error de dos toneladas de peso en los buques de mayor porte. En conseqüencia para no desmerecer de este grado de precision en la construccion de semejantes instrumentos, conviene hacerlos bas-

tante grandes y renunciar al uso del papel y carton, formándolos sobre un crecido rectángulo de metal, marfil, ó madera dura, como las escalas de Gunter. Para construir las escalas estereográficas de cada buque, importa formar ántes las tablas, de que hablamos en el art. 649., de la correspondencia de los pesos con sus calados ó diferentes líneas de agua; las tablas carecen de todos los errores propios de la construccion gráfica de las escalas, y por lo tanto su uso es mas exâcto: ademas como las tablas son los inmediatos resultados del cálculo, no exîgen para su formacion el cuidado y habilidad de los artistas. Lo dicho hasta aquí basta para que nuestros lectores reconozcan la utilidad del uso de las tablas ó escalas estereográficas á fin de determinar, á un golpe de vista, los pesos que importa añadir á un navio para profundizarlo hasta su correspondiente línea de agua, la cantidad de los que se han descargado, el número de los que quedan á bordo en el caso de alijarlo, y un sin número de otras particularidades utilísimas á la construccion, al comercio, y á la marina en general.

653 Despues de todos estos conocimientos acerca de la estiva, conviene que guiemos la reflexîon del maniobrista relativamente á los resultados que debe esperar durante la navegacion, segun el método de estiva que se ha observado en el armamento del buque de su destino. Para esto, refiriéndonos 1.° al modo con que se estivó el navio que nos sirvió de exemplo en el art. 634., manifestaremos uno por uno todos los resultados que deben esperarse en la campaña, y los medios de corregir los defectos advertidos durante esta en un nuevo armamento. 2.° Supondremos que se estiva el navio por un método enteramente distinto, y expresaremos las alteraciones que deben notarse en sus propiedades. Por este medio haremos ver el inmediato influxo que tiene la alteracion de pesos en las propiedades de un buque; lo qual ademas de servirnos aun en la mar para corregir este ó el otro defecto de la embarcacion, nos conducirá á que podamos dar en los diarios fundadas razones de la parte que ha tenido la estiva en su mal gobierno, en las inundaciones, en un desarbolo, y en otros qualesquiera defectos. Semejantes razones guiarán al constructor ó al maniobrista para remediar, mediante una nueva distribucion de pesos, los defectos del primer armamento, y por este medio á expensas de pocas tentativas se averiguará en un buque nuevo, la estiva que le es mas conveniente para sacar quantas ventajas pendan de esta parte de su armamento.

654 Tomando ahora por objeto de nuestras reflexîones la formacion de la estiva del navio de nuestro exemplo (art. 634.), exâminaremos en primer lugar, que la colocacion de la primera capa de piedra inferior á los cañones y demas efectos de hierro, puede contribuir para su mejor acomodo, y ademas hace que el centro de gravedad del todo del enjunque resulte ménos baxo de lo que hubiera resultado, en la circunstancia de colocar el hierro sobre la misma quilla, distribuyendo superiormente toda la piedra. En conseqüencia el centro de gravedad de todo el navio resulta á alguna mayor elevacion sobre la quilla, y esta particularidad al paso que aumenta la inclinacion del buque (art. 426.), contribuye á la suavidad de los balances y seguridad de la arboladura (art. 606).

655 2.° Habiendo dispuesto los cañones perpendiculares á la quilla en el sentido de su longitud, y haciendo que las partes mas pesadas de sus culatas se terminen hácia una y otra amurada, resulta que el centro de gravedad particular de cada cañon de uno y otro lado de la quilla, y el comun de todos los de cada banda, cae lo mas próxîmo que es posible de las amuradas de babor y estribor, y esta circunstancia, segun lo dicho art. 603., contribuye tambien á disminuir la violencia de los banlances y á asegurar la arboladura.

656 3.° El haber reducido la extension de todo el enjunque á la longitud de parte de la bodega y de toda la despensa, destinando todo el espacio de la bodega comprehendido entre el mamparo *m n* de proa (Lam. XXI. fig. 166.) y el pie de carnero popes de su escotilla para el acomodo del ligero peso de la leña, cuyo consumo diario contribuye á disminuir la gravedad en aquella parte, resulta que la medianía del navio es el sitio mas cargado, y los extremos quedan alijados segun la distribucion que hacemos del enjunque. Semejante práctica conviene para la suavidad de las cabezadas y permanencia de los palos segun lo prevenido en el art. 605. La misma distribucion del lastre conduce al mas fino gobierno del buque (art. 624).

657 4.° El lugar que hemos destinado á los cables en el intermedio de la aguada es muy propio, siempre que, con la mira de darle al buque la mayor estabilidad, se siga en la colocacion de los efectos de su carga de abaxo para arriba el órden de los mas pesados primero. La xarcia en efecto como á mas pesada que el agua, debe insistir sobre el lastre de piedra; sin embargo el vacío que precisamente hay entre las varias adujas de los cables disminuye su grave-

dad específica, si se compara con la correspondiente á un sólido de xarcia de igual volumen y con menores intervalos; por consiguiente la situacion media que ocupan los cables entre las varias andanas de pipería, resulta aun mas propia si se atiende á esta última advertencia.

658 5.° En quanto á la cantidad de pesos que se deben colocar en los extremos de popa y proa no nos ha cabido arbitrio, respecto á que se deben colocar en ellos los cargos del Condestable y Contramaestre. Sin embargo siguiendo nuestro sistema, alijariamos en lo posible las extremidades de popa y proa, y aproxîmariamos hácia ambas amuradas los pesos contenidos en aquellas partes. Con las mismas miras, y las de un igual consumo de efectos en todas las partes del navio, procederiamos en la distribucion del pan y demas comestibles si el órden de los pañoles nos lo permitiese, haciendo que durante la campaña no se alijase el navio mas de popa que de proa. Todas estas disposiciones contribuirian al buen gobierno de la embarcacion, á la suavidad de sus balances y cabezadas, y á mantenerla durante la campaña con la misma diferencia de calados de popa y proa que se estableció á la salida del puerto.

659 Sin embargo de todas estas disposiciones, supongamos que se note que el navio no tiene mucho aguante de vela, de suerte que en las mismas circunstancias en que otros conservan aun el uso de la artillería, no puede el dicho servirse libremente de toda la suya. * Para remediar este inconveniente por lo que hace á la estiva, léjos de sentar el hierro excluido sobre una capa de piedra, conviene sentarlo inmediatamente sobre el mismo plan del navio, y si el defecto fuese extraordinario es menester excluir enteramente el lastre de piedra en un nuevo armamento, y tomar los 14324 quintales de lastre, necesarios para calarlo hasta su correspondiente línea de agua, en solos efectos de hierro. En efecto, segun lo dicho (art. 370.), resulta mas baxo el centro de gravedad de todo el navio, y esta circunstancia, segun lo dicho (art. 426.), contribuye á su mayor aguante de vela. Si por accidente al fin de una campaña á causa del extraordinario consumo de agua, vino y demas comestibles de la bodega y despensa inferiores á la línea de agua del navio, se hallase este muy alijado, y la substraccion de todos estos pesos baxos hiciese perder el equilibrio que debe reynar entre los momentos de la arti-

* Véase ademas en el art. 492. el influxo de la falta de estabilidad en la dificultad que puede experimentar un buque para arribar en un caso urgente.

llería y otros pesos altos, es claro que hallándose el navio mas boyante, y el centro de gravedad mucho mas alto, tumbaria extraordinariamente, y en la ocasion de un temporal fuerte se aumentarian los riesgos de las inundaciones. Ademas con motivo de no poder largar mucha vela, no ganariamos el barlovento conveniente en el empeño contra una costa. Para prevenir semejantes inconvenientes importaria rellenar la pipería con agua salada, para lo qual sería muy conveniente el uso de las llaves de que hablamos (art. 241.). Con el mismo objeto, anticipadamente y quando la bondad del tiempo lo permite, se pueden pasar á la bodega algunos cañones de las baterías, como se practica en algunas navegaciones largas en la ocasion de montar algunos cabos tormentosos.

660 Aunque la providencia de meter toda ó parte de la artillería en la bodega para conservar la estabilidad, es el último recurso que debe tomarse en un buque de guerra, sin embargo en los varios incidentes de nuestra profesion marinera no dexan de ofrecerse ocasiones que precisan á valerse de semejantes arbitrios. Estando fondeada la Esquadra Combinada de América á vista de Panzacola en Mayo de 1781, determinó el Teniente General D. Joseph Solano con acuerdo de Mr. Montel Comandante de los buques Franceses, que un navio de su nacion y otro Español batiesen uno de los fuertes de la plaza para acelerar su rendicion. Por el poco fondo de la entrada del puerto se alijaron ambos navios de su aguada, víveres, madera de respeto y lastre que se reputó suficiente. En esta circunstancia en la mañana del dia 5 de Mayo sobrevino un fuerte temporal casi de travesía, que obligó á que los dos navios diesen la vela con el resto de la esquadra. En una ocasion semejante en que era preciso hacer uso de toda la vela posible para barloventear, ambos navios se hallaron en la necesidad de no omitir recurso alguno de los que contribuyen al mayor aguante de vela, con preferencia á todas las demas miras.

661 Si se hubiese notado en la campaña que el navio obedece dificilmente á los efectos del timon, para remediar este inconveniente por lo que pertenece á la estiva, conviene en otro armamento alijar mas las cabezas, y recoger los pesos hácia el centro en el sentido de popa á proa; y si el defecto de su mal gobierno es excesivo, importa recoger tambien hácia el centro, ó exe vertical que se eleva desde la quilla, los mismos pesos distribuidos á babor y á estribor. En efecto vimos (art. 624.) que semejantes disposiciones contribuian á la finura del gobierno.

662 Si se nota que el navio es principalmente duro para orzar,

usando de aquella cantidad y clase de velas convenientes para los objetos de su destino segun el estado de la mar y viento, con el fin de corregir este defecto, por lo que hace á la estiva, se debe llevar mas hácia proa el todo de la carga en otro armamento, y se debe disminuir el exceso de calado que comunmente se le dá á la parte de popa sobre la de proa. Por ambas disposiciones segun lo dicho (art. 418.) se aumenta la propension del navio para venir de lo en igualdad de todas las demas circunstancias. Si por el contrario se quisiese aumentar su propension para la arribada, importaria aumentar el exceso del calado de popa sobre el de proa, y llevar el centro de gravedad de todos los pesos mas hácia popa. Todo esto se puede conseguir en parte navegando, con la mera traslacion de los pesos posibles de popa á proa y al contrario; y para el efecto son de suma utilidad los lingotes de hierro, no solo por la facilidad de su transporte de una á otra parte del buque, sino tambien porque siendo unos cuerpos de un peso exâctamente determinado, tenemos en el número de los que se transportan la exâcta cantidad del peso substraido de un lugar y aumentado en otro. Para los casos de una pronta orzada ó arribada vimos (art. 409. y 492.) que podíamos valernos de la misma tripulacion mandándola agolpar á proa ó á popa. Si navegando con un viento fresco perpendicular á la derrota ó mas escaso, no se pudiese hacer arribar el buque á causa de hallarse muy tumbado, entre los recursos dados en el art. 492., por lo que hace á la estiva, vimos que importaba enderezar ántes el buque trasladando todos los pesos á la parte de barlovento, y la misma tripulacion puede emplearse ventajosamente para el efecto en un caso urgente.

663 En quanto al influxo de la estiva en las velocidades directa, oblicua, lateral, y en aquella en que se gana barlovento, debemos recurrir á lo dicho en los art. 574. y sig. y en el 671. para evitar repeticiones.

664 Con el objeto de manifestar la diferencia de resultados que deben esperarse en un mismo buque, segun las distintas distribuciones de su lastre y demas efectos, supongamos que en el mismo navio de nuestro exemplo se nos den en solo hierro todos los 14324 quintales de lastre, y que estos los acomodemos desde el mismo mamparo $m\,n$ de proa hasta el $z\,t$ del pañol de la pólvora (Lam. XXI. fig. 166.) distribuyendo los cañones paralelos á uno y otro lado de la quilla en el sentido de su longitud, de suerte que el centro de gravedad de los cañones de cada una de las dos bandas corresponda muy próxî-

mo á la quilla. Demos ademas el caso que las bombas, trabas, pernos y demas efectos excluidos de hierro, contribuyan al mismo fin por haberlos colocado léjos de una y otra amurada, y con la mayor proxîmidad al medio del navio ó plano longitudinal. Los cables se han adujado á proa, y en el pañol de la pólvora ó en el de la xárcia del Condestable se ha añadido alguna balería. La aguada se arregla en tres andanas en la bodega, y los víveres se acomodan en sus correspondientes pañoles.

665 1.° De esta distribucion dimana que, á causa de ser los 14324 quintales de hierro y colocarse éste sobre el plano inferior del navio, el centro de gravedad del todo de la carga resulta mucho mas baxo que en el caso del art. 654., y aunque esto aumenta la estabilidad del buque, contribuye por otro lado para la mayor violencia de los balances y riesgo de la arboladura.

666 2.° La proxîmidad á la quilla con que se han acomodado los cañones, bombas y demas efectos excluidos de hierro, contribuye tambien á la violencia de los balances y riesgo de la arboladura, siendo poco lo que mediante está disposicion se gana respecto á la finura del gobierno segun lo dicho (art. 625.).

667 3.° El aumento de pesos en los extremos de popa y proa con motivo de haber prolongado el lastre hasta el mamparo *m n* de proa (Lam. XXI. fig. 166.), haber adujado los cables hácia esta parte, y haber acomodado alguna balería en el pañol de la xárcia del Condestable, contribuye al mal gobierno de la embarcacion, á la violencia de sus cabezadas, al riesgo de su arboladura, y al quebranto de sus cabezas.

668 Tales son los efectos que deben esperarse en el mismo buque lastrado y estivado en los términos que acabamos de insinuar, y para corregir las malas propiedades que se adviertan durante la campaña, debemos procurar estivarlo en otro armamento del modo indicado en el art. 654. y sig., y con el fin de disminuir los mismos defectos en la mar, basta recorrer la materia de los art. 659. y siguientes.

669 Las diferentes propiedades que corresponden á un mismo buque de resultas de algunas variaciones en la estiva, al parecer leves, se advierten freqüentemente; y el navio S. Ildefonso nos dió un exemplo de esto mismo en la campaña del verano de 1788. En su primera salida dicho navio salió estivado en los términos que hemos insinuado en el art. 654. y sig. Los cañones y demas hierro excluido

descansaban sobre una capa de piedra de unos dos pies de altura. En otra salida en el verano del mismo año en que alteró algo su estiva, el hierro descansaba sobre el mismo plan del navio; y en conseqüencia, segun relacion de la Oficialidad del buque, se experimentaron en la segunda campaña los balances mucho mas violentos que en la primera, en igualdad de circunstancias.

670 Supongamos que despues de estivado un buque importe cargarlo con bombas ú otros efectos pesados como plomo, cobre &c. y que en semejante circunstancia se separen hácia una y otra banda las dos hileras de pipería que ocupan la cruxida de la bodega, amontonando tambien hácia ambas bandas la porcion de lastre de piedra correspondiente á este sitio: todo con el fin de acomodar el nuevo cargamento en la medianía y parte inferior del buque. Semejante proceder conviene 1.º para la mejor sujecion de los nuevos efectos, que van como encaxonados entre la pipería y lastre de ambos costados. 2.º Para conseguir mas fácilmente que el centro de gravedad del nuevo peso cayga sobre la misma quilla del navio sin inclinarse hácia una ú otra banda. 3.º Para el aumento de la estabilidad á causa de la baxa colocacion del nuevo peso. 4.º Porque empleando solamente el espacio de la bodega en el acomodo del nuevo peso, no sobrecargamos los extremos de popa y proa del navio, con perjuicio del gobierno y seguridad de sus palos en las cabezadas.

En medio de todas las conseqüencias deducidas del acomodo del nuevo cargamento, que por otro lado es el único que prudentemente puede dársele en las varias circunstàncias de la navegacion, no debemos olvidar los riesgos á que está sujeta la arboladura de un buque semejante, en el caso de un tiempo, por la adicion del nuevo peso inferior y su coincidencia con la misma quilla. Por lo tanto no debe extrañarse el que un buque sobrecargado en estos términos desarbole de sus palos ó masteleros, en las mismas circustancias en que otros conserven ilesa su arboladura.

671 Aunque en los art. 574., 575. &c. hemos insinuado el influxo que podia tener la estiva en las velocidades de los buques, ha sido solo relativamente á las diversas resistencias que podian experimentar los cascos en el agua por lo que hace á sus distintos calados. Prescindiendo de esta causa, debemos considerar otra en el distinto ángulo con que la fuerza horizontal del viento impele las velas, segun la diferencia que media entre los calados de los extre-

mos de popa y proa, y la mayor ó menor estabilidad de una misma embarcacion.

Supongamos que el lastre y toda la demas carga de un buque se haya repartido en su interior en términos que, todo su casco flote horizontalmente sobre el agua, sin diferencia alguna de calado entre la popa y la proa, y que los palos estén perfectamente verticales ó en candela. En estas circunstancias, considerando las velas planas, la superficie de todas las velas redondas coincidirá con un plano vertical, y la fuerza horizontal del viento las impelerá horizontalmente, y por tanto con la mayor ventaja posible.

Si en vez de suponer que el casco del barco insiste horizontalmente sobre la superficie del mar, damos el caso de que esté inclinado á su superficie, á causa de haber establecido una extraordinaria diferencia entre sus calados de popa y proa, resultará que, estando los palos en candela, quedarán inclinados respecto á la vertical, de cuya inclinacion participará igualmente la superficie de las velas. En este caso la fuerza horizontal del viento será obliqua á la superficie de las tales velas, y obrará con una desventaja proporcional á la obliquidad del ángulo, segun lo dicho en el art. 46. y en otras varias partes de esta obra. Aun en la misma circunstancia de que el casco del buque flote horizontalmente, si los palos se hallan inclinados hácia popa ó proa, tendrá lugar la obliquidad de la direccion del viento contra la superficie de las velas.

En conseqüencia de esto, si en un buque que flotaba ántes horizontalmente con sus palos verticales, aumentamos su calado de popa respecto al de proa á fin de aumentar su propension para la arribada, es claro que el impulso horizontal del viento, que ántes era perpendicular á la superficie de las velas, resultará obliquo; y á proporcion debe disminuir la velocidad del buque en igual viento y estado de la mar. Lo mismo que se dice respecto al mayor calado de la popa, debe entenderse relativamente al de proa, y á la inclinacion que pueden tener los palos hácia una y otra parte, siempre que esta inclinacion no se concilie con las particularidades de la construccion de los buques, como sucede con algunos bergantines, saetías, paquebotes y valandras, en cuyos buques todos debemos considerar, que la inclinacion de sus palos les inutiliza parte de la superficie de sus velas, aunque por otro lado esta misma inclinacion contribuye á situar el centro de los esfuerzos de las velas á una altura sobre el centro de gravedad del barco, y á una distancia horizontal de es-

te punto hácia los extremos de popa ó proa, las quales son las mas propias para reunir convenientemente la estabilidad, fino gobierno, salida á barlovento, y todas las demas propiedades de su uso.

La falta de estabilidad de un buque que puede dimanar de la elevacion del centro de sus pesos, tanto por la materia de estos como por el órden con que están colocados, hará que se incline mas con igual viento, y por consiguiente sus velas lo recibirán con mayor obliquidad, con perjuicio de lo veloz de su movimiento. Igual accidente puede tener lugar á causa de la inclinacion de los palos y masteleros, dimanada de su flexîbilidad y de la menor tension de sus xarcias.

La diminucion de velocidad que resulta á un buque á causa de la inclinacion de su casco y palos respecto al horizonte y á una línea vertical, debe servirnos de gobierno para procurar su rectitud, siempre que esta se concilie con los demas objetos de su construccion. Por lo tanto debemos tener gran cuidado en no inclinar los palos y masteleros hácia popa ó proa, por la falta de igualdad establecida entre la tension de los estays, obenques y brandales de sus xarcias.

672 Las mismas reflexîones que acabamos de hacer acerca de la mayor velocidad de un buque á causa del empuje horizontal del viento en sus velas, nos proporciona dar razon de muchas particularidades que la falta de conocimientos divulga con aspecto de misterios. Supongamos que una embarcacion pequeña cuyos palos y masteleros deben estar en candela, los tenga inclinados hácia popa. En esta disposicion la fuerza horizontal del viento impele con obliquidad la superficie de sus velas, y si por este motivo llega á inutilizarse una sexta parte de ellas, no debe ser extraño que aumente la velocidad de la tal embarcacion siempre que, arriando su xarcia y tesando los estays, logremos situar sus palos rectos; pues mediante este proceder aumentamos en una sexta parte la superficie total de su aparejo. En un buque pequeño cuyos masteleros se doblen con facilidad, no debe extrañarse que dos ó tres pipas llenas de agua pendientes de sus estays ú otros cabos hácia popa y proa, constituyan en candela los masteleros que estaban ántes inclinados, y por lo tanto aumente tambien la velocidad del barco por el aumento que adquiere la superficie util de su aparejo. Los distintos estados de la mar y viento son generalmente las verdaderas causas de los aumentos de velocidades de un buque, que la inexâctitud de las experiencias y el espíritu misterioso hace atribuir á la arriada de la xarcia, colocacion

de pesos en los estays, suspension de cubiertas, y á otras menudencias. Pero aun en las circunstancias que se verifique verdaderamente el influxo de estas prácticas, hemos dado suficiente razon para explicarlas.

673 Ántes de terminar el capítulo de la estiva, daremos una breve idea del plan de estiva de Mr. Missesi del qual hemos hablado en el art. 620.; y que este autor supone adaptable á un navio Frances de 74 cañones semejante al Leopardo, que lleve 700 hombres de tripulacion, 7 meses de víveres y 4 de aguada.

El autor divide toda la capacidad del navio en el sentido de su longitud en ocho espacios, por medio de planos verticales equidistantes; al espacio comprehendido entre el centro del buque B D y el primer plano vertical, de la Lam. XX. fig. 163., imaginado hácia popa, lo llama primer espacio de popa; al 2.º, segundo espacio de popa; al 3.º, tercer espacio de popa; y al último, quarto espacio de popa. Procediendo con el mismo órden desde el centro del barco para proa, denomina dichos espacios primero, segundo, tercero y quarto espacio de proa. Conocida la línea de agua en que debe navegar el navio armado, deduce en toneladas y libras la expresion del peso de agua del mar que debe desplazar el buque. Seguidamente averiguando la capacidad de la parte que sumerge cada espacio, asigna á cada uno en particular las toneladas y libras de desplazamiento que le corresponden. Hecho esto procede en la distribucion de efectos con el objeto de que, el peso particular de todos aquellos que se coloquen en un espacio, iguale al de su desplazamiento asignado. De suerte que si el 4.º espacio de popa desplaza 114 toneladas y 1800 libras, procura que la carga correspondiente á este espacio pese las mismas 114 toneladas y 1800 libras. Esta práctica vemos que es en un todo conforme al principio establecido en el art. 617. de este capítulo. Como el prefixado lugar de la artillería, de la arboladura y otros efectos, es causa que los tales graviten en determinados puntos de un buque de donde no es conveniente separarlos, resulta que aquellos espacios á quienes corresponden, se hallan ya de antemano cargados de un peso extraordinario, y en conseqüencia no pueden admitir gran cantidad de otros efectos sin perjuicio del objeto propuesto. Atendiendo el autor á esto mismo determina el peso del pedazo de casco correspondiente á cada espacio, cuya determinacion segun el mismo autor puede resultar bastante exâcta, considerando el peso de la madera, del hierro y demas materiales que incluye.

Efectuado esto, divide el autor en tres clases todos los efectos que entran en el armamento de los buques. Llama inmovibles á todos aquellos que, como la artillería, arboladura y embarcaciones menores, no pueden mudar de sitio por el particular que les es propio. Inconsumibles llama á aquellos que, pudiendo mudar de sitio, conservan el propio peso ó su equivalente en todo el tiempo del armamento; y conseqüente á esto comprehende la aguada, el carbon de piedra y otros varios efectos baxo el nombre de inconsumibles; atendiendo á que la tonelería que los incluye puede rellenarse con agua salada. Por géneros consumibles, que tambien pueden mudar de sitio, entiende todos los de ordinario consumo, como el pan, aceyte, harina, legumbres y demas víveres &c.

Á causa del prefixado sitio de los efectos inmovibles resulta que alguno de los espacios consabidos, con el solo peso en rosca y el de los tales efectos inmovibles, incluye ya mas peso que el del agua que desplaza. Para remediar este inconveniente discurre el autor acerca de variar la colocacion de algunos efectos. que, la práctica general de colocarlos, le obliga á comprehender baxo el mismo nombre. De esta clase son las ánclas que se colocan en las serviolas, las quales traslada á las mesas de guarnicion de trinquete; y la tercera áncla y anclotes que insistian en estas mesas, las pasa á las del palo mayor. Por este medio consigue disminuir en el quarto espacio de proa el exceso del peso en rosca y géneros inmovibles, sobre el de su desplazamiento de agua.

En quanto á la reparticion de todos los demas efectos que pueden mudar de sitio, y que el autor comprehende baxo los nombres de inconsumibles y consumibles, procede 1.° á distribuirlos de modo que se verifique siempre, en lo posible, la igualdad de peso entre el volumen de agua que desplaza cada espacio y los géneros que encierra. 2.° Á colocarlos en términos que aumenten la estabilidad del buque, poniendo el lastre de hierro en el plano inferior, y acomodando las demas partes de la carga por el sucesivo órden de las mas pesadas; de suerte que las mas ligeras ocupen los lugares superiores en quanto lo permiten las otras circunstancias. 3.° Á aligerar en lo posible los extremos ó cabezas de popa y proa con el fin de suavizar las cabezadas. 4.° Á que cada género ocupe el lugar mas propio para su conservacion, y para ser extraido con facilidad y prontitud. 5.° Á que el consumo de los espacios se reparta proporcionalmente en todos ellos, á fin de que el buque conserve siempre

su mas ventajoso asiento. Para esto procura repartir los géneros consumibles en términos que,el consumo que se hace de los colocados en el primer espacio de popa, equivalga al de los dispuestos en el primer espacio de proa, y así en adelante. Para verificar todas estas miras el autor forma tres estados; uno de los géneros inmovibles, otro de los inconsumibles, y el tercero de los consumibles. En la una página indica el lugar de cada uno de estos tres efectos, y en la opuesta expresa, en toneladas y libras, su correspondiente peso en cada espacio. Á esto sigue un estado del consumo mensual de cada género consumible, y del que resulta en cada espacio al fin de quatro meses de campaña. Por último hace una comparacion general del peso de la carga y rosca de cada espacio con el de su desplazamiento de agua.

674 Siempre que se lleve en la estiva de un navio la mira de proporcionar el peso que contiene cada espacio con el de su desplazamiento de agua, y se quiera adoptar el plan de Mr. Missesi, conviene formar un plan particular de estiva arreglado al de este autor, que solo debe mirarse como un modelo general para trazar por él los particulares que convienen á cada buque. En efecto el peso de nuestra artillería debe diferenciarse del de la Francesa; y lo mismo sucede con la especie de comestibles de que cada nacion hace uso á bordo. Por otro lado, aun entre nosotros mismos es preciso un plan de estiva particular para cada navio de 74 cañones, por la distinta construccion de los navios; y aun en el caso de ser de la misma, por el diverso peso de sus maderas, herrage, arboladura, aparejo y otros efectos de su armamento. De suerte que siempre es preciso un trabajo enteramente nuevo en cada buque para el por menor de los cálculos y repartimientos.

CAPÍTULO XXVI.

Del flete y arqueo de las embarcaciones.

675 Lo primero que se ofrece en el apresto de un comboy es, establecer el principio sobre el qual conviene pagar el flete de las embarcaciones: si ha de ser á medida de sus capacidades que equivalen á toneladas de arqueo, ó á medida del peso que pueden cargar que equivale á sus toneladas de desplazamiento. Por poco que reflexîonemos, concluiremos la arbitrariedad con que se procede quando se determina el precio de los fletes por las capacidades interiores de

los buques. Supongamos dos embarcaciones de igual desplazamiento y volumen interior: esto es, tales, que el peso del agua que desplazan quando se hallan en sus líneas de agua de navegacion sea el mismo, y que ademas sus bodegas tengan la misma capacidad. Si damos el caso que el casco, herrage, arboladura y aparejo de la una pesa mucho mas que el de la otra, es claro que, á pesar de las igualdades supuestas, la mas pesada necesitará ménos carga para profundizar hasta su línea de agua de navegacion; y si pagamos el flete por sus capacidades interiores, importará lo mismo el de la una que el de la otra, siendo así que la mas pesada carga ménos cantidad de efectos que la mas ligera. Por otro lado si estas mismas embarcaciones, que se suponen de igual peso y desplazamiento para navegar sin riesgo por lo que hace á su calado, tienen distinta capacidad en sus bodegas, pagaremos mas la de mayor bodega que la de menor; siendo así que los efectos que pueden transportar ambas son los mismos, siempre que en la de menor bodega quepa un volumen de efectos equivalente al peso de su correspondiente desplazamiento. La única diferencia que resulta es, que en el buque de menor bodega habrá ménos lugar vacio que en aquel que la tiene mayor; pero este mayor espacio resulta superfluo; supuesto que á esta última embarcacion no le podemos añadir mas peso sin perjuicio de sus propiedades. El determinado objeto con que se construyen ciertos buques, varía tambien toda relacion que quiera establecerse entre el peso de sus fletes y capacidades interiores. En efecto si se construye un buque con el objeto de transportar paja, lana, cueros ú otros géneros ligeros, su capacidad interior será extraordinaria siempre que se compare con el peso intrínseco de la carga que puede admitir. En virtud de lo qual seria fuera de razon pagarle el flete por la capacidad de su bodega, quando solo podria llevar una corta cantidad de víveres, aguada, xárcias, ú otros efectos mas pesados que se ofrecen cargar en el apresto de un comboy.

676 Vistos los inconvenientes que resultan de establecer el precio del flete de las embarcaciones por la capacidad total de sus bodegas, pasemos á exâminar el medio de efectuarlo por sus toneladas de desplazamiento. Para esto veremos 1.° la altura de la línea de agua de un buque que flota en el agua con el peso de su casco, arboladura, aparejo y demas efectos necesarios para su navegacion. 2.° La altura de la línea de agua hasta donde debe profundizar mas su casco para navegar sin riesgo por lo que hace á su calado. El es-

pacio de dicha embarcacion comprehendido entre un plano que pase por su primera línea de agua estando á flote, y el que pase por aquella en que debe navegar, será el volumen de pies cúbicos de agua que la carga debe hacerle desplazar; y así multiplicando este número de pies cúbicos por 779 onzas, y partiendo despues por 32000 onzas, tendremos en el cociente (art. 650.) las toneladas de desplazamiento que ocasiona la carga: ó lo que es lo mismo, el número de toneladas de peso de esta última que puede admitir el buque.

Se vé desde luego que valiéndonos de las toneladas de desplazamiento para fixar el flete de los buques, no tienen lugar los inconvenientes insinuados para el caso de gobernarnos por sus capacidades. En efecto en dos buques de igual capacidad y que deben navegar en la misma línea de agua, si el casco, arboladura, herrage y aparejo del uno pesa mas que el del otro, tendremos que el primero necesitará ménos carga para calar hasta su debida línea de agua, y á proporcion será menor el precio de su flete como realmente corresponde. Si por otro lado las dos embarcaciones admiten el mismo peso de carga, y la una tiene mayor bodega que la otra, pagaremos igualmente el flete de la una que el de la otra, como en realidad corresponde; pues la mayor bodega nos resulta superflua, siempre que en la menor quepa un volumen de efectos suficiente para completar el peso necesario para calar el buque hasta la línea de agua de navegacion. Si la carga que se embarca fuese tan voluminosa y de tan corto peso, que á pesar de haber ocupado todo el espacio interior del buque no lográsemos calarlo hasta su línea de agua de navegacion, importaria quitar alguna cantidad de la carga, y remplazar su volumen con el lastre necesario para verificar su correspondiente calado. En este caso, es cierto que el buque lleva ménos carga de la que corresponde á sus toneladas de desplazamiento; pero parece muy propio que aun en esta misma circunstancia regulemos el precio del flete por las tales toneladas y no por las de su arqueo ó volumen; pues el buque se halla enteramente ocupado con la carga, y siempre que los efectos de esta hubiesen sido de un peso mediano, hubieramos completado su calado con sola ella.

677 Establecido el principio sobre el qual conviene fixar el precio del flete de los buques de un comboy, queda á la discrecion del Oficial encargado de su apresto el aprovechar convenientemente la capacidad y construccion de sus buques, para el repartimiento de los varios efectos de transporte. Supongamos dos embarcaciones de igual

peso y desplazamiento, de las quales la una, por el particular objeto de su destino, tenga una bodega extraordinaria, y la otra por el contrario la tenga ménos capaz. En virtud de lo dicho, se pagará el mismo flete por la una que por la otra; y para sacar el debido partido de sus distintas capacidades, convendrá acomodar en la de mayor bodega los efectos mas ligeros de transporte, como pan, algunas legumbres, cureñas &c.; y en la de ménos bodega, los efectos mas pesados, como balas, bombas, xárcia, artillería &c. En este repartimiento conviene proceder con prudencia, pues no basta para la seguridad de los buques el calarlos hasta su línea de agua de navegacion, sino ademas importa que el centro de gravedad de los efectos de su carga resulte á una conveniente elevacion sobre la quilla. Por lo tanto no conviene componer la carga de un buque poco capaz de solos efectos de hierro en términos que lo expongamos á un desarbolo, ni tampoco formar la carga de un buque de mayor bodega de solos los géneros mas voluminosos, de forma que lo sujetemos á un naufragio.

En el transporte de tropas importa ademas atender, á que cada buque lleve las provisiones de víveres y aguada correspondientes á la gente que tiene á su bordo. En efecto las varias ocurrencias de la navegacion pueden separar algunos buques del cuerpo del comboy y esquadra, y en un caso semejante pereceríian sin remedio sus individuos, siempre que no tuviesen á bordo los víveres necesarios para su sustento.

678 Conseqüente á todas estas miras el Oficial encargado del apresto de un comboy, para establecer el precio de los fletes y efectuar el repartimiento conveniente de los efectos de transporte, debe dar principio por dos operaciones que consisten: la 1.ª en determinar las toneladas de desplazamiento de los buques comprehendidas entre la línea de agua en que quedan estando á flote, y la línea de agua hasta donde pueden quedar sumergidos para navegar sin riesgo. La 2.ª consiste en medir las capacidades interiores de sus bodegas para determinar, con arreglo al peso que deben contener, el volumen de los efectos que se pueden acomodar en ellas. Siempre que se tuviese plano de las varias embarcaciones de un comboy, seria facilísimo el concluir con arreglo á los planos las toneladas de desplazamiento y arqueo de cada una, en virtud de lo dicho en los art. 381. y 650. Pero generalmente no hay tales planos, y así es preciso determinar las toneladas de desplazamiento y capacidad de los buques por medidas tomadas á bordo de los mismos.

Segun lo dicho (art. 650.), para concluir las toneladas de peso ó desplazamiento que puede llevar un buque, importa medir 1.°, en pies cúbicos de Burgos, el espacio del barco comprehendido entre la línea de agua en que se halla estando á flote y aquella en que debe navegar; despues se multiplica el número de pies cúbicos de este espacio por 779 onzas, y partiendo por 32000 onzas se tienen en el cociente las toneladas de peso que puede cargar el buque. Para determinar en pies cúbicos de Burgos el espacio del baxel comprehendido entre ambas líneas de agua, gobernándonos por lo establecido en el art. 381., se debe subdividir este espacio por medio de varias secciones ó planos. Sin embargo para los usos ordinarios de la práctica, basta medir la superficie de los dos planos que pasan por las dos líneas de agua del barco, y multiplicar la semisuma de ambas superficies por la distancia intermedia: esto es, por aquel número de pies que la carga hace profundizar el casco de un buque en la varenga maestra. En el caso de no tener los planos de los buques, que es del que se trata, se ve el calado de popa y proa quando los buques están á flote, se exâmina el calado en que deben quedar ambos extremos quando estén cargados, y se concluye el número de pies que debe calar mas el buque por la parte de popa y proa; hecho esto, se suman ambos números, y la semisuma indica los pies de calado que ocasiona la carga en la varenga maestra. Con el objeto de simplificar mas la determinacion del consabido espacio, basta medir la superficie de un plano medio entre las dos líneas de agua, y multiplicar la superficie del tal plano por el calado que ocasiona la carga en la varenga maestra. En efecto, la superficie de este plano intermedio equivale próxîmamente á la semisuma del superior é inferior, singularmente en los buques cuya construccion hace despreciables los intervalos que resultan considerables en otros.

Tales son las operaciones necesarias quando se pretende averiguar el peso que puede cargar un buque; pero como semejantes operaciones se ofrecen de continuo, y su práctica se encarga comunmente á sugetos destituidos de los conocimientos matemáticos, se han excogitado diversos medios para simplificar el cálculo y limitarlo al alcance del comun de estos arqueadores; entre otros vamos á dar razon de uno cuya sencillez y aproxîmada exâctitud merecen lugar en este artículo. 1.° Se determina, como en el artículo antecedente, el número de pies que la carga hace profundizar el buque. 2.° Se toma la longitud ó eslora del barco á la altura del yugo. 3.° La anchura

ó manga fuera del entablado. 4.° Se multiplican estas tres cantidades entre sí. 5.° El producto se divide por una cantidad que es distinta segun la construccion de cada buque, y el cociente expresa en toneladas de desplazamiento el peso que puede cargar el barco.

Para dar alguna idea acerca de los divisores que conviene escoger segun la construccion de los buques, expresaremos tres: á saber, el mayor, el menor, y el medio de quantos suelen emplearse segun la figura de los barcos de nuestros dias. Si el buque es de muchos delgados por el estilo de las fragatas, se divide dicho producto por 35, 3. Si por el contrario admite bastantes llenos en sus extremos, se dividirá por 33, 8. Y si el barco conserva tales llenos, de suerte que su manga es próximamente la misma en casi todos los puntos de su eslora, como en muchas urcas, se dividirá el consabido producto por 32, 2. Todos los barcos cuyas figuras pueden comprehenderse entre las de las fragatas y los buques de medianos llenos, tendrán por divisores las cantidades entre 33, 8 y 35, 3. Los buques cuyas figuras se encierren entre los de medianos llenos y los de muchos como las urcas, se dividirán por las cantidades limitadas por la 33, 8 y la 32, 2. Mediante alguna práctica se adquirirá el golpe de vista necesario para determinar el divisor conveniente á la figura del buque cuyas toneladas importa determinar. Esta práctica análoga al método de Mr. Chapman, siempre que la use un sugeto de mediano tino, apénas puede ocasionar un error de seis toneladas en un buque de 400, segun el parecer de Mr. Leveque en su nota al art. 109. de la traduccion Francesa del Exâmen Marítimo de D. Jorge Juan. En quanto al espíritu de la práctica indicada se ve que se reduce: 1.° á hallar el volumen de un paralelepipedo rectángulo cuya anchura es igual á la manga del buque, y su longitud á la eslora del mismo medida á la altura del yugo; y cuya elevacion es por último tambien igual á aquella que la carga hace profundizar el casco de un buque. 2.° En quanto al divisor que importa escoger segun la figura de los buques para tener el peso de la carga en toneladas, se ha determinado por práctica, baxo el supuesto que el volumen sumergido por la carga es una parte de dicho paralelepipedo, y una parte distinta segun la diversa construccion de las embarcaciones. La particular figura de las saetías, canarios, londros, paquebotes, urcas y otros buques de que tal vez puede haberse usado casi privativamente en algunos puertos en ciertas temporadas, puede muy bien haber inveterado en sus arqueadores algunas prácticas, que solo con-

vienen á aquella clase de buques para los quales se instituyeron, y adaptadas á otros deben producir resultados muy erróneos. Por lo qual el método de que acabamos de hablar merece, por su generalidad, la preferencia sobre todos los otros que puedan usar los sugetos meramente prácticos.

Ademas de la determinacion de las toneladas de desplazamiento de que acabamos de hablar, es conveniente concluir en los buques de un comboy la capacidad de sus bodegas y demas cubiertas en toneladas de arqueo. Cada una de estas consta de 64 pies cúbicos de Ribera *; y por consiguiente midiendo en pies cúbicos de Ribera las capacidades interiores de los buques, bastaria dividir este número por 64, y el cociente nos daria su capacidad en toneladas. En el art. 379. y siguientes hemos tratado largamente acerca del método mas exâcto de medir en pies cúbicos la capacidad interior de un buque, y con arreglo á los mismos principios se deduce la siguiente práctica de que puede hacerse uso para la mayor brevedad. Tómense tres anchuras del buque que pasen por el palo de mesana; la 1.ª á la altura de la cubierta de la bodega; la 2.ª á nivel de la parte superior de la carlinga de dicho palo, y la 3.ª á una altura media entre las dos anteriores: tómense asimismo tres anchuras por el mismo estilo, á algunos pies de distancia de la parte de popa del palo de trinquete; y otras tres anchuras en el punto de la longitud del navio que esté en medio de las tomadas á proa y popa. Con esto se tienen tres anchuras ó mangas del buque, tomadas en cada una de las tres distintas secciones hechas á lo largo de la bodega equidistantes entre sí. Para tener el area correspondiente á cada seccion se toma la mitad de las dos anchuras superior é inferior, y el todo de la intermedia, cuya suma se multiplica por la distancia vertical del punto de la anchura superior á la media, ó de esta última á la que se ha tomado á nivel de la carlinga. Hecho esto, se suman las mitades de las areas de las dos secciones de popa y proa y el todo de la intermedia, y esta suma se multiplica por la distancia comun de una seccion á otra: esto es, por la que hay entre la que pasa por el palo

* En virtud de una órden del Almirantazgo general publicada en España en el año 1738, la tonelada de arqueo consta de 8 codos cúbicos de Ribera ó de 64 pies cúbicos de Ribera. Por lo tanto, sabiendo la exâcta razon en que está el pie de Ribera con el de Burgos, resulta fácil el reducir á esta última medida el valor que el Almirantazgo asignó á la tonelada, ó bien el convertir en pies cúbicos de Ribera las capacidades determinadas en pies de Burgos para dividir por 64.

de mesana y la del medio del navio, ó la que se comprehende entre esta última y la próxîma al palo de trinquete. El producto que resulte expresará en pies cúbicos la capacidad de la parte de la bodega entre las dos secciones consideradas á sus extremos de popa y proa; y solo resta añadir el espacio comprehendido entre estas últimas y el codaste y roda, cuyos dos espacios pueden determinarse sin error sensible, multiplicando el area de la seccion de popa por la mitad de su distancia al codaste, y la de proa por la mitad de su distancia á la roda. Es claro que el lugar de la caxa de las bombas debe restarse de todo el espacio de la bodega deducido por este método, á fin de concluir la parte util de la bodega para el acomodo de los efectos de la carga. Si á la capacidad de la bodega se agrega la del entrepuentes, y el conjunto se divide por 64, tendremos en el cociente la capacidad del buque en toneladas de arqueo.

679 Despues de todo esto conviene saber en pies cúbicos el volumen ó lugar que ocupa una tonelada de peso del efecto que se embarca, á fin de dividir la capacidad interior del buque expresada en pies cúbicos, por el número de los que ocupa una tonelada de peso; y el cociente dará las toneladas de peso que pueden acomodarse en la capacidad del barco. De este modo sabiendo ya el desplazamiento de un buque concluiremos en el momento, si puede llevar todo su cargamento en este ó el otro efecto determinado, y si quedará enteramente cargado, ó acaso convendrá embarcarle algun lastre.

Por el mismo estilo, conociendo las toneladas de desplazamiento de un buque, si se multiplican estas por el número de pies cúbicos que ocupa una tonelada de igual clase de un efecto determinado, tendremos en pies cúbicos el volumen del todo de la carga, y dividiendo esta cantidad por 64, que es lo que vale una tonelada de arqueo, tendremos el número de toneladas de esta última clase que deben tener la bodega y entrepuentes de un buque, para llevar todo su cargamento en el determinado efecto. Si la embarcacion es de menor capacidad, es menester quitarle una parte de su carga suficiente para el acomodo del lastre necesario para que se verifique su calado; y si por el contrario el barco es de mayor capacidad, admitirá por entero todo el volumen de los efectos determinados de su cargamento.

APENDICE.

Concluida ya la impresion de esta obra, como se insinuó en la Introduccion hablando de las bombas, envió desde París el Capitan de Fragata Don Joseph Mendoza el diseño de una bomba inventada últimamente en Inglaterra, dando por justa la siguiente descripcion que se dió á su primera vista.

En la Lam. 23. la fig. 169. nos representa la vista interior del frente de esta bomba, la fig. 170. la lateral, y la fig. 171. su proyeccion en un plano horizontal que pase por los puntos R Z S de la palanca R S en la fig. 169. En la vista de frente fig. 169. B C representa el tubo absorvente, y B A el cuerpo de la bomba. A Q es el hasta del embolo Q, y A P la del embolo P que atraviesa el embolo Q. Las hastas de ambos embolos toman en su extremo A las direcciones A G y A H, en cuyos puntos G y H se afirman las cadenillas F G y E H, cuyos eslabones son unas chapetas de cobre sujetas las unas á las otras por medio de un perno. M y N representan dos molinetes ó roldanas por las quales laborea la cadenilla L M N O. R S nos representa la palanca que mueve los embolos en los términos que vamos á insinuar. Quando baxa el brazo de palanca Z R, se eleva el otro Z S. La rueda F J V E, que gira sobre su exe Z, lleva consigo la cadenilla H E, y esta elevando el hasta H A P del embolo P, hace descender la del otro G A Q tirándolo segun la G L M. Por este medio los embolos Q y P llegan á unirse en el cuerpo de la bomba y mediante el juego de la palanca vuelven á separarse. Ambos embolos están taladrados y tienen sus correspondientes válvulas en las partes superiores P y Q.

Previa esta descripcion, quando despues de quedar unidos ambos embolos se separan, mediante el ascenso del embolo Q y el descenso del P, resulta que al elevarse el embolo Q eleva el ayre superior, y manteniendo cerrada su válvula, lo evacua por el conducto G que se nota en la fig. 170. de la vista lateral. El embolo P desciende al mismo tiempo, é impele el ayre inferior, y este abriendo la válvula P se esparce hasta la base del embolo Q. Al descender el embolo Q y al elevarse el P, se abre la válvula del primero y se cierra la de este último; el qual hace pasar por el agujero del embolo Q el ayre que mediaba entre ambos embolos. Continuando este movimiento, se extrae el ayre que albergaba en su interior el tubo de la

bomba; y la gravedad de la atmósfera, que obra sin igual contraresto sobre la parte exterior T X del receptáculo de agua, la eleva en el cuerpo de la bomba á medida que se evacua el ayre. El agua se extrae despues por el mismo estilo que hemos dicho del ayre: verificándose siempre que el embolo Q ó bien eleva el agua superior quando asciende, ó bien descendiendo da paso á la inferior que le entrega el embolo P.

INDICE

DE LOS ARTÍCULOS DE ESTA OBRA.

PRINCIPIOS PRELIMINARES.

Definiciones.

Axíomas.

De la composicion y descomposicion de las fuerzas.

De la fuerza de gravedad.

De las fuerzas de presion y percusion.

Del equilibrio.

fuerzos relativos de cada potencia en el caso del equilibrio, y conseqüencias que de ellas se deducen. 62.—Las direcciones de tres fuerzas en el caso del equilibrio han de concurrir en un punto; y quando las dichas son paralelas, se imagina su concurso á una distancia infinita. 63.—De las fuerzas consideradas baxo otro aspecto se deduce: primero, que las fuerzas empleadas para mover los cuerpos crecen á medida de sus masas: segundo, á medida de la mayor velocidad que les damos. 64.—La fuerza puede expresarse por la masa de un cuerpo multiplicada por la velocidad. 65.—Que en vez de este producto podemos introducir el de la masa multiplicada por el espacio caminado en un determinado tiempo. 66.—Quanto menor es la potencia empleada en las máquinas para su movimiento, tanto mas tiempo se consume. 67.—Perjuicios dimanados del uso de máquinas para cuyos efectos basten pequeñas fuerzas, pero importe emplear mucho tiempo. 68.

LIBRO PRIMERO.

De las máquinas.

CAPÍTULO PRIMERO.

De la palanca.

Razones que obligan á tratar particularmente de dicha máquina. 69.—Definicion de la palanca. 70.—Advertencias que importa tener presentes en la palanca considerada físicamente. 71.—Orígen de las tres especies de palancas. 72.—Palanca de primera especie. 73.—Palanca de segunda especie. 74.—Palanca de tercera especie. 75.—La direccion del punto de apoyo concurre en un mismo punto con las direcciones de las otras dos fuerzas obliquas que se consideran en la palanca; y si dichas fuerzas obran en direcciones paralelas entre sí, el punto de concurso de la direccion del de apoyo se considera á una distancia infinita de su orígen. 76.—Que la potencia y peso en las palancas están generalmente en razon recíproca de las perpendiculares tiradas desde la direccion del punto de apoyo sobre sus direcciones; y en el caso de ser dichas potencias perpendiculares á la palanca recta, están en razon recíproca de las longitudes de los brazos de la misma palanca á cuyos extremos obran. 77.—Para que se verifique el equilibrio en la palanca, la resistencia y la distancia de su direccion al punto de apoyo, han de formar los medios, y la potencia y la distancia de su direccion al mismo punto los extremos de una proporcion geométrica. 78.—Exemplo de esto mismo en una palanca de primera especie. 79.—Exemplo en una de segunda y otra de tercera especie. 80.—La palanca de primera especie puede favorecer indistintamente al obstáculo ó á la potencia. La de segunda favorece siempre á la potencia: y la de tercera le perjudica. Se advierte el mejor uso de los espeques y otras palancas. 81.—Orígen del dicho de Archîmedes relativo al aumento de fuerzas que nos procura el uso de la palanca. 82.—Casos en que la mayor longitud y gravedad de la palanca favorecen á la potencia. 83.—Casos en que estas mismas propiedades pueden perjudicar á la potencia. 84.—Advertencia general para usar de la palanca. 85.—Que en ciertos modos de servirnos de las palancas hay, entre la infinita é infinitesima extension de las dichas, una extension determinada que es la mas ventajosa para la potencia. 86.—Las advertencias del peso de la palanca no tienen lugar en el movimiento horizontal como en el de la caña del timon, barras de cabrestante &c. 87.—Dichas advertencias deben observarse en todo movimiento vertical como en el de las cigüeñas ó cigüeñales de las bombas, y en el uso de los espeques y pies de cabra para sayar y ronzar la artillería &c. 88.—Dado el peso, la potencia y la longitud de la palanca, hallar el lugar del punto de apoyo para que se verifique el equilibrio prescindiendo del peso de la palanca. 89.—Con los mismos datos hallar el lugar del punto de apoyo introduciendo el peso de la palanca. 90.—Indicacion del modo de resolver otros problemas semejantes, de la expresion de cuyos resultados se deduce lo que en el art. 86. probamos por raciocinio. 91.—Fórmula por medio de la qual substituyendo en ella la distancia del punto de apoyo al punto donde obra el obstáculo, el valor del peso ú obstáculo, y la cantidad que pesa una pulgada de la palanca de que se hace uso, se determina la longitud que debe tener la palanca para el mas ventajoso obrar de la potencia de abaxo para arriba. 92.—Aplicacion de esto mismo para el modo de obrar de los espeques; y de la diferente longitud que debe tener un espeque respecto á un pie de cabra, por la razon de ser el uno de madera y el otro de hierro. 93.—Diferencia que resulta de obrar muchas potencias á lo largo de una palanca, ó de reunirse todas en el extremo. 94.—Aplicacion general de esto mismo, y particularmente en la distribucion de quatro, cinco, ó seis hombres en las barras del cabrestante. 95.—Modo de distribuir un peso igual ó desigualmente entre dos personas o apoyos que lo sostienen por medio de una palanca. 96.—Aplicacion de todo esto á las palancas cuyos brazos forman ángulo ó á las palancas curvas. 97.—Se indica la misma aplicacion á la caña y brazo de una ancla que trabaja en el fondo. 98.—Siempre que las palancas sean rectas, y las direcciones de la potencia y peso resulten paralelas entre sí, aunque sean obliquas á la palanca, pueden tomarse los brazos de dicha para medir la distancia de sus direcciones al punto de apoyo. 99.—Si dichas direcciones son obliquas entre sí y tiran á concurrir en un punto, entónces sus distancias al apoyo deben determinarse por las

perpendiculares tiradas de dicho apoyo sobre ellas. 100.—Modo expedíto de determinar la diferencia que hay entre el obrar de una potencia perpendicular ú obliquamente á la palanca. 101.—Advertencia deducida del artículo anterior, para la aptitud en que deben hacer fuerza los hombres en las barras del cabrestante, á fin de que su esfuerzo resulte de la mayor ventaja para el movimiento de dicha máquina. 102.—Consideraciones acerca de la resistencia de una palanca fixa en uno de sus puntos, y obligada á girar por medio de una potencia aplicada á lo largo de dicha palanca. 103.—Expresiones de la resistencia relativa de las fibras de una palanca de esta especie, y del esfuerzo relativo de la potencia que intenta doblarla. Modos de aumentar la resistencia de las fibras. 104.—Los puntos de una palanca fixa, que distan mas del punto donde obra la potencia para doblarla, han de ir aumentando de diámetro á medida de su mayor distancia de la potencia, para que la palanca resulte igualmente resistente en todos sus puntos. 105.—Se indica la aplicacion de esto mismo á la figura de los palos y masteleros. 106.

CAPÍTULO II.

De la garrucha ó moton.

Su definicion y descripcion. 107.—Su division en fixo y movible; y que en el fixo las dos potencias que obran en el caso del equilibrio están entre sí como los radios de la roldana, y por consiguiente deben ser iguales. 108.—Que aunque el moton fixo ó retorno no aumenta nuestras fuerzas, nos proporciona su mejor direccion y disminuye el roce. 109.—Que en general en el moton movible en el caso del equilibrio, la potencia es al peso, como el radio de la roldana á la subtensa del arco que abraza la línea flexible que se le aplica. 110.—Quando en el moton movible son paralelas las direcciones de los dos cordones que abrazan la roldana en el caso del equilibrio, una potencia$=$1 se equilibra con un peso$=$2. 111.—Indicacion de la diferencia que debe haber entre el cazar las gávias y las mayores, por razon del laboreo de los escotines y escotas; lo qual se tiene presente en la formacion de los aparejos. 112. —Aplicacion de las ventajas que da para el aumento de fuerzas el uso del moton movible, en el braceo de la verga de trinquete, y de todas las demas de brazas dobles, como mayores, gávias &c. 113.—Que en las brazas de juanete y todas las demas que laborean sencillamente, no se verifica el menor aumento de nuestras fuerzas. 114.—Que en el caso de ser paralelas las dos porciones de la escota de trinquete que circundan el moton del puño de dicha vela, y en todas las demas de esotas dobles, duplicamos nuestras fuerzas en la maniobra de cazarlas. 115.—Que en el cazar las gávias y otras velas cuyos escotines laborean sencillamente, no conseguimos el menor aumento de nuestras fuerzas en dicha maniobra. 116.—El mas tiempo que importa emplear para conseguir las faenas usando de los motones movibles en el bracear, cazar, y amantillar las velas y vergas, nos mueve á renunciar su uso en las maniobras de poco peso como en el braceo de las vergas de juanetes &c. 117.—La necesidad de que los cabos de varias maniobras vayan claros obsta tambien para su doble laboreo. 118.—Que la ventaja de la duplicacion de nuestras fuerzas que se obtiene en el uso del moton movible, en el caso del paralelismo de los dos cordones, disminuye á medida que aumenta el ángulo de dichos cordones; y en llegando á ser dicho ángulo de 120.° ya no reciben nuestras fuerzas el menor aumento. Pasando el ángulo de 120.° hay pérdida de fuerzas: y para que á bordo, obrando sin distincion, no se crea aumentar nuestras fuerzas quando realmente se disminuyen, se especifica todo esto. 119.

CAPÍTULO III.

De los aparejos.

Su definicion y descripcion. 120.—En los aparejos la potencia es al peso, como el radio á la suma de los senos de todos los ángulos que forman con una línea horizontal los cordones que se terminan en los motones movibles. 121.—Quando los cordones son paralelos y verticales, si el chicote de la cuerda que forma el aparejo se termina en los motones fixos o en otro punto estable, la potencia es al peso, como la unidad al duplicado número de los motones movibles; pero si el chicote se termina en los motones movibles, la potencia será al peso, como la unidad al duplicado número de motones movibles mas 1. Advertencia que se ha de tener presente para conseguir en el uso de los aparejos el mayor aumento de fuerza. 122.—Que quanto ganamos respecto al aumento de nuestras fuerzas en el uso de los aparejos, lo perdemos respecto al mayor tiempo necesario para conseguir el fin que nos proponemos. 123.—Segun el número de motones y roldanas movibles de que conste el aparejo de que se hace uso en una maniobra, concluir la ménos gente que se necesita, pero lo mas del tiempo preciso para efectuarla. 124.—Circunstancias en que es conveniente el uso de los aparejos, y circunstancias en que es perjudicial. 125.—De otra disposicion de aparejos mediante la qual, aumentan en mayor razon que en la anterior los efectos de nuestras fuerzas; pero á proporcion de este mayor aumento crece el tiempo que se emplea usando de ellos. 126.—Del modo de valuar el aumento de nuestras fuerzas quando nos valemos de dos aparejos. 127.—De las distintas resistencias que en el uso de dos aparejos sufren los puntos de apoyo y las cuerdas de cada aparejo, deduciendo la distinta mena que pueden tener los cabos que

los forman. 128.—Aplicacion de esto mismo en la faena de tesar las xarcias. 129.

CAPÍTULO IV.

Del roce ó friccion.

Definicion y causas del roce. 130.—Que la calidad de los cuerpos debe variar la clase de roce. 131.—Estorbo nacido de la mayor ó menor dureza de los cuerpos para su movimiento, y circunstancias en que este estorbo es mas ó ménos considerable. 132.—Division del roce en primera y segunda especie: que el de segunda especie es menor, y práctica de los carreteros. 133.—Utilidad del moton fixo ó retorno deducida de esta práctica, y su aplicacion en los varios retornos, molinetes y roldanas que se colocan á bordo. 134.—Se demuestra sencillamente que para disminuir el roce, los exes sobre quienes giran las roldanas han de ser del menor diámetro posible, y las roldanas del mayor que permitan las circunstancias. 135.—Que para disminuir el roce importa, que el diámetro del cilindro que gira sobre el exe exceda considerablemente al de este último, y necesidad de la dureza de los exes. 136.—Perjuicio de los exes de hierro en los molinetes que se colocan en el escoben. 137.—Idea mas circunstanciada del roce. Definicion del ángulo del roce ó frotamiento, y aplicacion de esto mismo para demostrar de otro modo la materia del art. 135. 138.—Demuestranse las circunstancias en que es mas conveniente que gire el exe sobre la caxera que no la roldana sobre el exe. 139.—Se demuestra por raciocinio comprobado por la experiencia, que para disminuir el roce conviene hacer de maderas ó metales distintos las roldanas, exes y caxeras que componen un moton. 140.—Diminucion del roce por la dureza de los cuerpos, y utilidad de las roldanas de metal quando las circunstancias de su colocacion permiten su uso. 141.

CAPÍTULO V.

De la rigidez de las cuerdas.

Se explica como la rigidez de las cuerdas perjudica para el movimiento de las roldanas. 142.—La experiencia acredita que en el uso de una misma cuerda, los estorbos dimanados de la rigidez crecen segun son mayores los pesos que penden de ella. 143.—La rigidez crece segun el mayor diámetro ó mena de las cuerdas. 144.—El obstáculo que ocasiona la rigidez de las cuerdas disminuye segun son mayores los diámetros de las roldanas que abrazan. 145.—Expresion de los obstáculos dimanados de la rigidez de las cuerdas en la qual se ve, que en una determinada cuerda y prefixado peso, para disminuir dichos estorbos importa aumentar el diámetro de las roldanas. 146.—Inconvenientes que resultarian del uso de cuerdas alquitranadas en los cabos de la maniobra corriente. Ventajas del uso de las cuerdas ya usadas sobre las nuevas, ó sobre las que se endurecen con las eladas y frios. 147.—Se aconseja la diminucion de mena en las cuerdas del uso de la maniobra. 148.—Perjuicios del uso del cabito delgado llamado embutidura de que se hace uso para igualar el hueco de los cordones en la práctica de forrar varios cabos, y utilidad de substituirle la simple estopa. 149.

CAPÍTULO VI.

Del tambor ó cabrestante.

Su definicion y descripcion. 150.—En el caso del equilibrio en el torno la potencia es al peso, como el radio del cilindro al radio de la rueda ó palanca que se le aplica. 151.—Que aunque aumentando el radio de la palanca respecto al del cilindro podemos aumentar arbitrariamente nuestras fuerzas en el uso del tambor, necesitamos á proporcion mas tiempo para executar la faena, para cuyo máximo efecto hay una relacion determinada entre el radio del tambor y el de la palanca que es la mas conveniente para cada caso; de cuya relacion se da la fórmula. 152.—Que un cabrestante que, por la determinada relacion entre el radio de su cilindro y la longitud de sus barras, está en disposicion de suspender una ancla con la mayor ventaja, no lo está con la misma para la suspension de un anclote. 153.—Del modo ordinario con que se disponen las palancas que hacen girar el tambor, y particularmente en las bombas. 154.—Que en la ordinaria disposicion de los cigüeñales de las bombas, un hombre trabaja con mas ventaja describiendo el semicírculo de arriba para abaxo, que quando describe el opuesto; y conseqüencia de esto para colocar inversos los cigüeñales que se adaptan á un tambor como al de las bombas de cadena. 155.—Insuficiencia de la conseqüencia anterior é indicacion de demostrarla fundamentalmente mas adelante. 156.—Inconvenientes que resultan en la práctica de alargar mucho las palancas que se aplican al tambor, y modo de remediarlos por medio de una rueda revestida de varias clavijas como las cabillas de la rueda del timon. 157.—Diminucion de fuerzas que padece la potencia en el uso del torno por la superposicion de las vueltas de la cuerda que lo abraza. 158.—Para deducir la relacion entre las potencias perpendiculares y obliquas á las palancas, citamos el art. 101. y capítulo de la palanca. 159.—Se indican los mismos inconvenientes que se manifestaron en la rigidez de las cuerdas, respecto á los estorbos que ocasiona esta propiedad en los efectos del tambor. 160.

CAPÍTULO VII.

Del roce en el tambor.

Se demuestra por mero raciocinio que para disminuir los inconvenientes del roce en el torno y cabrestante, conviene disponer encontradas las palancas que se les aplican. 161. —Se deducen varias expresiones geométricas de los distintos estorbos que ocasiona la presion del cabrestante sobre su fogonadura, segun el parage donde se aplica la palanca para moverlo. 162.—Modo de colocar mas ventajosamente una barra ó palanca para hacer girar el tambor; y su aplicacion mas inmediata en los molinetes que usan las embarcaciones pequeñas para suspender sus anclas. 163.—Que quando se disponen muchas barras tanto en el tambor horizontal como en el cabrestante, es menester disponerlas diametralmente opuestas las unas á las otras, y aplicarles iguales potencias para que la inclinacion que procuran darle á la máquina las potencias de un lado, quede destruida por la que le dan las del otro. 164.—Se concluye que por razon de esto mismo, en las bombas Inglesas ó de cadena se deben disponer encontrados sus cigüeñales. 165.—En un tambor ó cilindro colocado horizontalmente, se le debe dar al peso una direccion opuesta á la gravitacion de la máquina para disminuir la presion dimanada del peso de esta última. 166.—Que para disminuir el roce en el movimiento del cabrestante, conviene que su exe se termine en punta muy aguda y que corresponda al centro de la máquina. 167.—Que no siendo horizontal y perpendicular á las barras la fuerza de los hombres, se pierde cantidad de ella en el movimiento del cabrestante. 168.—Se determina la fuerza de que es capaz un hombre segun los distintos puntos de una barra de cabrestante donde aplica sus esfuerzos. 169.—Modo de valuar el esfuerzo total de seis ó mas hombres distribuidos á lo largo de una barra del cabrestante. 170.—Que quando los hombres caminan girando con el cabrestante, ya no hacen el mismo esfuerzo que hacian ántes de moverse haciendo hincapie sobre la cubierta. 171.—Que en la disposicion horizontal del tambor en las embarcaciones pequeñas, se procuran remediar todos los inconvenientes mencionados. 172.—Retardo de tiempo considerable dimanado de la necesidad de cambiar la posicion de las barras en el uso del torno horizontal, cuyo inconveniente no tiene lugar en el uso del cabrestante. 173.—Que los tres inconvenientes principales que dificultan la faena de suspender las anclas son: el roce del cable á su entrada en el escoben; la necesidad de emendar los guarnes ó vueltas del virador, y el roce del cilindro del cabrestante en su fogonadura. 174.—Modo de remediar el inconveniente del roce del cable en el escoben con la colocacion de los molinetes horizontales y verticales; y respecto al tamaño y colocacion de estos molinetes se debe tener presente lo dicho, art. 136, 137. y 140. 175. —Con los mismos molinetes verticales se remedia el inconveniente del roce del cabrestante con la cubierta. 176.—Por medio de dos molinetes dispuestos en esquadra ó formando un ángulo recto en el ángulo de la escotilla mayor, se remedia el roce del cable sobre dicha escotilla. 177.—Que siempre que el peso mantenga horizontal la parte del virador que sale del cabrestante, deben sobreponerse unas vueltas á otras, y aun quando no hubiese riesgo de que la última vuelta se interpusiese entre la cubierta y basa del cabrestante, seria siempre precisa la emienda de los guarnes. 178.—Que la Academia de París halló obstáculos en los cabrestantes construidos con el fin de prevenir la emienda de los guarnes. 179.—Que en un cabrestante de figura cilindrica no pueden emendarse por sí mismos los guarnes. 180.—Que en los cabrestantes de figura cónica ó conoidales, y mas en los de figura de campana ó campaniformes, se deben emendar los guarnes por sí mismos indispensablemente. 181.—Que en los cabrestantes de figura de campana, en que se verificaria la emienda de los guarnes, resultaria una sacudida perjudicial, y que en los de una figura mas cilindrica, en que no tendria lugar la violenta sacudida, dificilmente se emendarian. 182.—Utilidad y oficio de las ruedas verticales que se colocan en los cabrestantes de que modernamente hacemos uso; y refutacion de la falsa idea que algunos pueden haberse formado del servicio de las tales ruedas. 183.—Utilidad del moton ó pasteca que mantiene elevado el virador sobre la cubierta, demostrada por raciocinio comprobado por la experiencia. 184.—Utilidad de los barrotes verticales y estriados que se aplican al cilindro del cabrestante, por quanto disminuyen el roce del virador en el sentido vertical y lo aumentan en el horizontal. Influxo que en lo mismo pueden tener los barriletes del virador, que se usan principalmente para la mayor sujecion de las badernas que deben unirlo al cable. 185.—De los linguetes encontrados que impiden el retroceso del cabrestante. 186. —Circunstancias en que el uso de las roldanas verticales resulta inutil y aun perjudicial para la emienda del virador. 187.—Demuestranse los perjuicios dimanados de las ruedas ó roldanas de madera, y la necesidad de substituirles las de metal. 188.—Que la emienda de los guarnes se verifica á expensas de la fuerza de la gente que vira el cabrestante; y se destierran las preocupaciones que sobre la causa de la consabida emienda suele tener el vulgo. 189.

CAPÍTULO VIII.

De la cabria.

Definicion y descripcion de la cabria. 190. —Descomposicion de la fuerza vertical del peso en la cabria en la direccion de cada uno

de sus bordones, y en perpendicular á los dichos. En virtud de la primera los bordones deben afirmarse sobre el suelo. En virtud de la segunda deben inclinarse de derecha á izquierda y al contrario: cuyas inclinaciones resultan sin efecto á causa de ser iguales. 191. —Descomposicion de las fuerzas que obran en las direcciones de ambos bordones, y modos de prevenir la separacion de los bordones. 192. —Necesidad de sujetar la cabria en todos sentidos, y modo de conseguirlo por medio de quatro vientos, cuya práctica se aplica á algunos de los modos con que puede sujetarse á bordo. 193.—Se indica que lo dicho acerca de la cabria, debe hacer comprehender el servicio de todos los cabos y demas medios con que se sujeta la cabria á bordo para arbolar los palos, en los términos que lo describe Zuloaga en su Maniobra. 194.—Arbitrio ingenioso para disponer en candela un palo que, á causa de la corta elevacion de la cabria, se halla suspendido por un punto inferior á su centro de gravedad. 195.

CAPÍTULO IX.

Del timon.

En este capítulo solo se procura tratar de los medios que facilitan llevar la pala á babor ó á estribor, y del efecto de esta máquina para los movimientos del buque. 196.—Descripcion del timon y laboreo que suele darse á sus guardines. 197.—Perjuicio dimanado del anterior laboreo de los guardines, y modo de emendarlo; logrando el que en qualquiera situacion de la caña la llamen perpendicularmente. 198.—Modo de valuar los aumentos de fuerzas que logra un timonel, segun la longitud de la caña del timon y radio de la rueda. 199.—Medios de aumentar las fuerzas de los timoneles por la mayor longitud de la caña y radio de la rueda. Inconvenientes de la longitud de la caña que nos reducen á valernos solo del aumento del radio de la rueda respecto al de su cilindro. 200.—Razon de los prodigiosos efectos de la pala del timon que á pesar de su pequeñez respecto al cuerpo del navio, lo mueve sin embargo con tanta facilidad. 201.

CAPÍTULO X.

De las bombas.

Antigua opinion acerca del horror del vacio de la naturaleza, y límite que Galileo asignó á este horror. 202.—Peso del ayre demostrado por la experiencia de Torriceli. Explicacion de la causa de los efectos de esta experiencia, y modo convincente de probar la gravedad del ayre, por la menor elevacion que tiene la columna de mercurio en los parages altos, y la mayor que se le advierte en los baxos. 203.—Que á causa de la diversa gravedad entre el mercurio y el agua, la columna de esta última que se equilibra con el peso del ayre ha de tener 32 pies de altura como lo acredita la experiencia. 204.—Descripcion en general de una bomba aspirante ó absorvente simple, de su embolo y de sus válvulas ó chapeletas. 205.—Se explica bastante á la larga el modo con que se eleva y extrae el agua en las bombas absorventes, mediante la gravedad del ayre de la atmósfera, y la construccion y juego del embolo y sus válvulas. 206.—Necesidad que hay en las embarcaciones de servirse de las bombas. Idea ingeniosa de los Chinos para escusar su uso; ventajas y desventajas de su práctica. 207.—Descripcion de la bomba Española, de su embolo, cigüeñal, y mortero inferior de quita y pon, cuya utilidad se expresa. 208.—Que el enrejado que supusimos en la parte inferior del tubo absorvente de la bomba descripta en el art. 205, es de suma utilidad en el uso de la bomba Española. 209.—Que no basta para el servicio de las bombas absorventes el que el embolo tenga su juego á una altura algo menor de los 32 pies: lo que se prueba evidenciando una de las muchas circunstancias en que el agua se quedaria parada en el cuerpo de la bomba. 210.—Modo de remediar el inconveniente anterior, manteniendo cerrada la válvula inferior del mortero, y abierta la del embolo para llenar de agua el cuerpo de la bomba. 211.—Circunstancia en la qual, aun quando la bomba carezca del defecto insinuado, puede ser conveniente el llenarla de agua para conseguir mas breve su efecto. 212.—Se manifiesta el error en que están algunos artesanos, que creen precisa, para los efectos de la bomba Española en todos casos, la diligencia de llenarla de agua. 213.—Se demuestra que para concluir el punto de una bomba donde el agua quedaria parada, basta dividir la mayor elevacion del embolo sobre la superficie del agua del receptáculo en dos partes, cuyo rectángulo ó producto iguale al que nos dé la multiplicacion del intervalo en donde tiene su juego el embolo por 32 pies. 214.—De la sencilla construccion geométrica del problema anterior se concluye, que para que una bomba Española tenga debido efecto, importa que el quadrado de la mitad de la mayor altura del embolo sobre la superficie del agua del receptáculo, sea menor que el producto del espacio del juego del embolo por 32 pies. 215.—Que aunque descendiendo el embolo hasta la superficie del agua del receptáculo se sacaria el agua á su primer ascenso, hay inconvenientes para semejante práctica. 216.—Que para los efectos de la bomba Española no debe servir de obstáculo, el que el parage de la evacuacion del agua se halle á una altura del receptáculo superior á los 32 pies. 217.

De los embolos y las válvulas.

Inconvenientes de los embolos de madera á causa del tamaño del agujero. 218.—Ventajas de los embolos de cobre que siempre convie-

De las válvulas ó chapeletas.

De las bombas de cadena.

De las bombas de incendio.

De la bomba de incendio portatil del uso de á bordo.

CAPÍTULO XI.

Del gato.

CAPÍLULO XII.

Del modo de valuar las fuerzas aplicadas á las máquinas.

De la diferencia que cabe para dicha valuacion entre los agentes animados é inanimados. 254.—Necesidad que tenemos á bordo de tener un aproxîmado conocimiento de los efectos de nuestras fuerzas. 255.—Deduccion de una fórmula propia para concluir los efectos de que son capaces nuestras fuerzas, y su aplicacion á algunos casos prácticos. 256.—Deduccion de otra fórmula númerica para valuar nuestras fuerzas, en la qual se introduce la velocidad con que pretendemos mover una masa determinada. 257.—Modo práctico de averiguar por medio de dicha fórmula los efectos de nuestras fuerzas, y advertencia acerca del corto influxo que suele tener en los dichos la velocidad con que se han de efectuar, quando esta velocidad es corta. 258.—De la diferencia que cabe en la valuacion de nuestras fuerzas segun las máquinas á que se aplican, aptitud en que las practicamos, y circunstancias de bonanza ó temporal en que se emprenden á bordo: advirtiendo las cantidades que se deben tomar por término de comparacion segun todas estas distintas circunstancias. 259.—De la limitacion del uso de la fórmula anterior para intervalos de tiempo que se aparten mucho, por exceso ó por defecto, del intervalo de 8 horas para el qual está arreglada. Razon de esta falta de generalidad, y clase de error que debemos esperar de su uso, quando el intervalo sea mayor ó menor de 8 horas. 260.—Utilidad de que se reflexîone acerca de la disposicion de los retornos mas propia para el buen efecto de las fuerzas que se aplican á los cabos. 261.—Que un hombre que suspende un peso tirando de arriba para abaxo, no puede hacer mas fuerza que el peso de su cuerpo; y perjuicios de semejante aptitud. 262.—Que un hombre que aplica simplemente sus manos á un peso y pretende elevarlo de abaxo para arriba, puede hacer toda la fuerza de que son capaces sus musculos; y ventajas que pueden resultar á algunos sugetos de semejante aptitud. 263.—Del modo de hacer fuerza poniendo un pie delante de otro é inclinando el cuerpo hácia atrás; y conseqüencias que de todo lo dicho se pueden deducir para la mejor colocacion de los últimos retornos por donde pasan los cabos de varias maniobras. 264.

CAPÍTULO XIII.

De los medios discurridos para conservar incorrupta el agua dulce y desalar la del mar.

De la necesidad de buscar medios para conservar incorrupta el agua dulce, y causas que han frustado las inquisiciones hechas para el efecto. 265.—Conseqüencia falsa que se ha deducido acerca de la corrupcion del agua, refiriendose á lo que sucede en la que se embarca en toneles de madera; y que el agua perfectamente pura es incorruptible. 266.—Experiencias de Mr. Baumé relativamente á la incorruptibilidad del agua; error en que se está acerca de la preferencia de unas aguas á otras para el uso de á bordo, quando todas las diferencias advertidas han dimanado generalmente de ser la pipería de esta, ó la otra madera, y mas ó ménos usada. 267.—Vasijas propias para experimentar la pureza de las aguas, y reflexîones del mismo autor acerca del uso de toneles metálicos, barnizados, y estañados ó emplomados interiormente. 268.—Que la mezcla de los ácidos minerales que encargan muchos Físicos para conservar el agua incorrupta, no conviene á la salud. 269.—Medio sencillo y utilísimo de conservar incorrupta el agua dulce en los mismos toneles de nuestro uso, amerandolos ántes con agua mezclada con una poca de cal viva. Se describe el modo de practicarlo, y se atestigua con las experiencias que han dado lugar á este util descubrimiento. 270.—Que la filtracion del agua al traves de la cera y otros cuerpos para desalarla, ha sido un error de Plinio; y perjuicios de algunos medios de dulcificar el agua que propone Leipnitz. 271.—Experiencias de Mr. Cosigni y del Abate Nolet por las quales se prueba: en las primeras, que el agua no puede filtrar al traves del vidrio; y en las segundas, que el agua del mar no se dulcifíca por su filtracion entre las arenas. 272.—Que el agua extraida del agua del mar elada es dulce. 273.—Que la destilacion es el medio mas propio para desalar el agua del mar, y método de Hauton. 274.—Destilador para dulcificar el agua del mar inventado por Mr. Gautier, Médico de Nantes; y su inutilidad para el uso de á bordo. 275.—Del alambique inventado por Mr. Puisonnier, Médico de la facultad de París. 276.—Buenos efectos del uso del agua del mar destilada por medio de estos alambiques, por repetidas experiencias de los Franceses y Españoles. 277.—Orígen de los perjuicios que pueden haber experimentado algunos navegantes en el uso del agua del mar destilada en los alambiques insinuados, por inadvertencia de los sugetos que se emplean en su destilacion; y medios de prevenir toda mala conseqüencia á pesar de su descuido. 278.

CAPÍTULO XIV.

De las mangueras y nuevos ventiladores para renovar el ayre de varios sitios de las embarcaciones.

Perjuicios dimanados de las malas qualidades que contrae el ayre en los climas cálidos, en las Ciudades populosas, en los pozos de que no se hace uso, y en el sollado y bodega de las embarcaciones. 279.—Disposicion próxima para corromperse que tiene el ayre en lo ge-

neral de los buques, y singularmente en los que sirven de hospitales en los comboyes y esquadras, y en los destinados al tráfico de los negros. 280.—Necesidad de establecer una comunicacion bien abierta entre el ayre encerrado y el exterior. 281.—Descripcion de las mangueras ordinarias formadas con las velas. 282.—Indicacion de las principales nulidades de las mangueras, y de las malas conseqüencias que su uso debe ocasionar en las embarcaciones que sirven de hospitales. 283. —De los tubos de comunicacion adaptados á los fogones para renovar el ayre de qualquiera parte de un buque inventados por Mr. Sutton, y del modo de servirse de ellos en general. 284.—Demostracion evidente de las causas de la renovacion del ayre por medio de estos tubos. 285.—Que no es menester la constante exîstencia del fuego para que los tubos sigan renovando el ayre, y partido que de esto se puede sacar para la continuidad de este buen efecto. 286.—Generalidad del uso de estos tubos tanto en las embarcaciones grandes como en las pequeñas, y modo de servirse de ellos en las embarcaciones mercantes. 287. —Descripcion de otro ventilador portatil. 288.

CAPÍTULO XV.

De algunos usos del barómetro en las embarcaciones.

Estado del barómetro en sus principios y causas de sus nuevos usos. 289.—Que el barómetro sirve para manifestar que el ayre de la atmósfera pesa en unas ocasiones mas que en otras. 290.—Que el barómetro sirve para anunciarnos los huracanes y calmas en toda la redondez del globo, y por conseqüencia es utilísimo á los navegantes. 291.—Que los anuncios del barómetro relativos á ser el viento de este ó el otro punto del horizonte deben limitarse á un parage determinado; y advertencia que de esto debe deducirse respecto á las indicaciones que suelen apuntarse á lo largo de algunos barómetros. 292.—Que el descenso y ascenso del mercurio en el tubo en los meses del estío puede anunciar las tronadas y serenidad; y proporcion que tienen los marinos de verificar este fenómeno en algunas partes. 293.—Método para formar una tabla de la correspondencia de las variaciones del barómetro con las observadas en la atmósferà, y utilidad que puede sacarse de esta práctica. 294.—Que la asidua observacion del barometro es el medio de sacar mas partido de dicho instrumento; y advertencia acerca de las hipótesis con que se explican algunos de sus fenómenos. 295.—Experimento de Hauxbée con que procura probar la causa del descenso del mercurio en el tubo en los fuertes vientos, el qual sirve de fundamento para la hipótesis del sabio Haley. 296.—Extracto del discurso del sabio Haley en que se pretende probar, que los vientos y exhalaciones causan todas las alteraciones que se notan en el barómetro. 297.—Razones del mismo autor para probar las causas que mantienen el mercurio á su mayor altura en Inglaterra, quando el temperamento es muy frio y el viento reynante es de la parte del norte. 298.—Que en los paises del norte deben ser las variaciones mas sensibles que en los meridionales. 299.—Que en la zona tórrida las variaciones del mercurio deben ser cortísimas. 300.—Insuficiencia de la hipótesis anterior para dar razon del menor descenso del mercurio, que en algunos parages de la zona tórrida precede á los huracanes y vientos fuertes. 301.—Se indican las diferentes miras á que se han atenido los constructores de los barómetros, segun su destino de servir para la tierra ó para el mar. 302. —Razones de omitir aquí la descripcion de algunos barómetros y otros varios usos de dichos instrumentos. 303.—Pruebas de las utilidades del uso del barómetro en el mar, por experiencias y acaecimientos ocurridos á los navegantes de todas naciones. 304.—Copia de algunos párrafos del artículo *Barometre* del primer tomo de la parte Marina de la Enciclopedia, para manifestar las diferentes variaciones del barómetro segun las zonas en que se usa, y particularmente para servirse de él en los parages de la zona tórrida. 305.—Extracto del mismo artículo de la Enciclopedia para refutar algunas objecciones contra el uso de los barómetros en el mar, y nuevos testimonios autorizados para probar su utilidad. 306.

LIBRO SEGUNDO.

De la aplicacion de algunos principios de mecánica á varias maniobras.

CAPÍTULO I.

Del áncla y medios conducentes para sujetarla.

De las diferentes posiciones que puede tener la caña del áncla quando descansa en el fondo sobre el extremo de una de sus uñas. 307. —Que la fuerza vertical del cable es absolutamente contraria para la sujecion del áncla, y que para el efecto solo contribuye la horizontal; indicando la arbitrariedad con que algunos autores determinan el ángulo mas ventajoso que debe formar el brazo del áncla con la caña para su mayor sujecion en el fondo. 308. —Perjuicios y ventajas de la longitud de la caña del áncla. 309.—Utilidad del cepo por quanto contribuye á darle al áncla despues de su caida, la situacion mas propia para profundizar sobre una de sus uñas en el fondo. 310. —Demuestrase que la situacion de estar á pique es la peor para la sujecion del áncla, y que es la mejor para el efecto la de mantenerse léjos de ella todo lo posible; de lo qual se concluye que es excelente la práctica de ar-

CAPÍTULO II.

De la figura de los palos, masteleros y vergas, y de la direccion con que el viento exerce sus esfuerzos sobre ellos.

CAPÍTULO III.

De las direcciones en que obra la fuerza empleada en izar las velas.

CAPÍTULO IV.

Del modo de obrar de las brazas, y de los modos de disponerlas para mayor seguridad de las vergas en algunas posiciones.

CAPÍTULO V.

De la reunion de las fuerzas que contribuyen á romper las vergas segun la tension de los cabos que las sujetan.

CAPÍTULO VI.

Del modo con que trabajan los obenques y brandales.

mastelero. 339.—Del menor ángulo que forma el puño de barlovento de la mayor con la quilla, contado desde proa, respecto al que puede formar el penol de su verga con la misma, y advertencia acerca de la mejor colocacion del galápago ú ojo de la mura de dicha vela. 340.—Que el laboreo de las brazas de trinquete, gávia y juanete, permite bracear mas todas estas vergas que no las mayores. 341.

CAPÍTULO VII.

Aplicacion de la doctrina de la composicion y descomposicion de las fuerzas á otras varias maniobras.

Demuestrase el modo de disponer los remolques con mayor ventaja. 342.—Del mejor modo de disponer una codera para hacer cabeza al tiempo de levarse. 343.—Del mejor modo de dar al cable un calabrote para hacer cabeza quando no hay embarcaciones inmediatas, y advertencia acerca de la práctica de esta maniobra. 344.—Reflexîones acerca del modo con que trabajan dos cables tesos el uno contra el otro, y desventajas de esta situacion quando sobreviene un viento de travesía á la tirantez de ambos cables. 345.—Demuestranse las desventajas de que dos cables trabajen á barba de gata quando la distancia de una áncla á la otra es considerable. 346.—Que la disposicion de dexar los dos cables paralelos es la mas favorable para la resistencia de ambas amarras, y advertencia relativamente al modo de amarrarse sobre un fuerte temporal para la seguridad del buque. 347.

CAPÍTULO VIII.

En el qual se reflexîona acerca de los efectos de las fuerzas de presion y percusion en varias maniobras.

Se evidencia lo expuestos que están los cables á faltarnos quando se arrian en los vientos fuertes. 348.—Perjuicios de los golpes de mar para romper los cables. 349.—Precauciones que se deducen de los riesgos que ofrece la faena de expiarse con mar y viento, para no practicar semejante maniobra en tales ocasiones. 350.—Pruebase que la maniobra de tender un anclote con su calabrote en ayuda del cable, solo se debe practicar quando el cable está tan maltratado, que el calabrote pueda reputarse de mayor resistencia. 351.—Demuestrase lo expuestas que están á romperse las velas y vergas, y á faltar los masteleros en las repentinas fugadas de viento, y se concluyen las precauciones convenientes para las viradas por avante y otras maniobras en que se verifique la facha de alguna vela. 352.—Demuestranse los perjuicios de arriar en banda, ó mas de lo que pueden cobrarse, los escotines, escotas y demas cabos, quando el viento es algo fresco; y se concluye la necesidad de aguantar *el socayre* en las varias maniobras del uso de á bordo. 353.—Reflexîones acerca de las xarcias mas propias para la sujecion de los palos, y perjuicios de las muy torcidas probados por una experiencia que acredita las construidas baxo los principios de Mr. Du-Hamel en su tratado de la Cordelería. 354.

LIBRO TERCERO.

De los movimientos de los buques.

CAPÍTULO PRIMERO.

Advertencias preliminares para los movimientos de los buques.

Definicion y expresion del momento de una fuerza respecto á un plano ó punto qualquiera, y modo de deducir la distancia de un plano á que obra la fuerza quando se tiene la expresion de su momento. 355.—Modo con que se deben expresar los momentos de dos fuerzas que obran á uno y otro lado de un plano; y se concluye la distancia de dos ó mas fuerzas á un mismo plano quando se tienen las expresiones del momento de cada una. 356.

Del centro de gravedad de los cuerpos.

Definicion del centro de gravedad. 357.—Demuestrase, valiendose de las anteriores expresiones de los momentos, que el centro de gravedad de una barra recta, homogénea y de igual espesor en toda su longitud está en el medio de la longitud de dicha barra. 358.—Del modo de concluir la distancia del centro de gravedad de muchos cuerpos á un plano, y su aplicacion para el hallazgo del centro de gravedad de los varios pesos de un buque. 359.

Del movimiento de rotacion.

Advertencia acerca de la diferencia que hay entre el peso é inercia de los cuerpos. 360.—Que la direccion de una fuerza perpendicular á un cuerpo y que pasa por su centro de gravedad, solo le procura un movimiento de traslacion y ninguno de rotacion. 361.—Que si un cuerpo, en quien se considera la sola propiedad de inercia, recibe un impulso que no pasa por su centro de gravedad, toma un movimiento de traslacion y otro de rotacion si el cuerpo está enteramente libre; y si está sujeto, solo el de rotacion al rededor del punto fixo. 362.—Consideranse las propiedades del movimiento de traslacion y rotacion que tendria una barra ó línea homogénea é inflexible impelida en un medio libre por una fuerza perpendicular á su longitud, y que no pasase por el medio ó centro de gravedad de dicha barra. 363.—Combinacion de las propiedades del movimiento

CAPÍTULO VIII.

Método para hallar la distancia del punto de reunion de las velas planas al centro de gravedad de un buque.

Indicacion del medio de tener la elevacion del centro de cada vela sobre la quilla. 384. —Tabla primera que contiene las areas de todas las velas de un navio que se elige por exemplo. 385.—Tabla segunda de la elevacion del centro de cada vela sobre el centro de gravedad. 386.—Tabla tercera de los productos de las areas de todas las velas por sus respectivas elevaciones sobre el centro de gravedad. 387.—Hallar la elevacion del centro de los esfuerzos de todas las velas sobre el centro de gravedad en el navio que nos sirve de exemplo; y lo mismo para dos, tres ú otro determinado número de las mismas velas. 388. —Hallar prácticamente la distancia horizontal del centro de los esfuerzos de todas las velas del mencionado navio al exe vertical que pasa por su centro de gravedad, concluyendo el momento con que en el mencionado buque contribuía para hacerlo arribar la reunion de los esfuerzos de todas sus velas supuestas planas, contando con los efectos contrarios del volumen de la popa, y la diminucion correspondiente á la inclinacion de los foques &c. 389. —Método expedíto de hallar el centro de los esfuerzos de un número qualquiera de velas quando se tiene el de todas. 390.

CAPÍTULO IX.

De la cantidad que el centro de los esfuerzos de las velas braceadas oblíquamente al viento pasa mas á popa de lo que hemos concluido por el capítulo anterior.

De la cantidad que el centro de los esfuerzos de una vela curva pasa mas á popa que quando se considera plana. 391.—De la distinta propension para la orzada ó la arribada que le da al navio una misma vela, segun que su superficie puede considerarse plana ó curva. Se demuestra por la diaria experiencia de á bordo. 392.—Causas que aumentan en unas mismas velas sus diferentes curvidades entre las partes de barlovento y sotavento, y trasladan el centro de sus esfuerzos hácia la parte de popa en mayor ó menor cantidad. 393. —Denominaciones necesarias para deducir una fórmula que contenga las distintas distancias hácia popa á que se transfieren los centros de los esfuerzos de las velas curvas. Método de deducir esta fórmula por sencillas resoluciones de triángulos rectilíneos, con todas las operaciones que la simplifican, y observacion general acerca de dicha fórmula. 394.—Hallar por dicha fórmula, para el caso de navegar de bolina con un viento propio para llevar mareadas todas las velas, la cantidad determinada que el centro de sus esfuerzos pasa mas á popa, por su diferente curvidad á barlovento y sotavento. 395.—Aplicacion de la misma fórmula y teórica anterior para el caso de navegar en popa. 396.—Se expone la razon de experiencia sobre la qual funda Mr. Bourdé su opinion, contraria á la que hemos extractado del Exâmen Marítimo de Don Jorge Juan en los artículos de este capítulo, y se dan razones que pueden conciliar la experiencia de Bourdé con la doctrina de Don Jorgé Juan. 397.

CAPÍTULO X.

De los momentos con que un cierto número de velas largas contribuye á la orzada ó arribada de un navio, y de las demas particularidades relativas á su gobierno.

Necesidad de saber el esfuerzo lateral de las velas, para concluir el momento con que contribuyen á la orzada y arribada; y subdivision de la fuerza obliqua del viento contra la vela plana, en perpendicular y paralela á su superficie, y en perpendicular y paralela á la quilla. 398.—Igual subdivision de la fuerza del viento en la vela curva, y deduccion de la fórmula que expresa la fuerza directa ó en el sentido de la quilla. 399.—Fórmula que expresa la fuerza lateral ó perpendicular á la quilla, con indicacion del significado de los caractéres que componen dicha fórmula. 400. —Se concluye en el navio que nos sirve de exemplo, el momento con que la reunion de esfuerzos laterales de todas sus velas, supuestas curvas, contribuye á la orzada del dicho. 401.—Si en el mismo navio se consideran planas sus velas, á causa del poco viento, se concluye el momento con que el centro de los esfuerzos de todas las dichas contribuye á la arribada. 402.—En conseqüencia de lo dicho en estos dos últimos artículos, se evidencia la conformidad de la teórica de Don Jorge Juan con la práctica. 403.—Que la supresion de velas de la parte de popa del centro de gravedad y el mareo de las de proa facilita la arribada. Por el contrario la supresion de las velas de la parte de proa del centro de gravedad y el mareo de las de popa facilita la orzada. 404.—Que la resistencia que oponen las aguas por la proa al movimiento del navio, es igual á la fuerza directa que le comunican las velas; y la resistencia que las mismas aguas le oponen por el costado, es igual á la fuerza lateral de las velas. 405.—Expresiones de los momentos con que el esfuerzo de todas las velas del navio de nuestro exemplo supuestas planas, y las resistencias laterales, contribuyen á su movimiento de arribada. 406.—Causa que puede disminuir la propension á la arribada en el uso de todas sus velas en el navio de nuestro exemplo, siempre que el viento refresque en términos que la curvidad de las velas resulte considerable. 407.—Causa que puede tambien disminuir la misma propension á la arribada, siempre que el viento sea bastante fuerte para

inclinar el buque hácia sotavento, y trasladar hácia la misma parte el centro de los esfuerzos de las velas. 408.—Evidenciase todo esto por lo que sucede en la práctica. 409.—Que las velas altas, en igualdad de superficie que las baxas, contribuyen mas á la orzada de un buque: cuya particularidad conviene tener presente para el caso de una virada por avante &c. 410.—Se evidencia que en las circunstancias de navegar en popa, ó en términos que los palos pueden considerarse rectos y el navio sin inclinacion considerable, el aumentar sus resistencias directas independientemente de las laterales, no aumenta en modo alguno su propension para la orzada; ni tampoco la adiccion de velas que dandole mas velocidad directa aumenta dichas resistencias. 411.—Siempre que por la inclinacion de los palos y casco, no coincida el centro de los esfuerzos de las velas con la vertical elevada desde la quilla, todas las causas que aumenten la velocidad directa del navio, y por consiguiente la resistencia de la proa, aumentarán su propension para orzar. 412. —Que en el modo con que Mr. Bouguer explica la mayor propension que tiene un navio para orzar segun lo mas fresco del viento, no incluye ninguna de las razones que hemos dado en los artículos antecedentes. 413.—Se concluye que el centro de las resistencias laterales de los buques cae generalmente á popa del centro de gravedad, y por consiguiente no puede tener cabida el modo con que Mr. Bouguer pretende explicar las particularidades relativas á sus gobiernos. 414. —Necesidad de recurrir á la doctrina de los artículos de este capítulo, para dar razon de quanto se observa en la práctica respecto á las diferentes propensiones que tienen los buques para orzar ó arribar, por solo lo fresco ó floxo del viento, y por el aumento que puede adquirir la velocidad directa. 415.—Que en igualdad de todas las demas circunstancias, un navio mas metido por igual se halla mas propenso para orzar. 416.—Que para que se verifique lo del artículo anterior, importa que el centro de gravedad del buque se conserve á igual ó ménos altura en el caso del mayor calado que en el del menor. 417.—Que el meter mas la proa de un navio, llevando el centro de gravedad hácia dicha parte, aumenta la propension del navio para orzar; y que lo contrario sucede metiendo mas la popa, y trasladando el centro de gravedad hácia dicha parte: de lo qual se concluyen los medios de que puede valerse el maniobrista para el caso de una pronta orzada ó arribada. 418.

CAPÍTULO XI.

De los momentos con que un número qualquiera de velas contribuye á la inclinacion de un buque, y de aquellos con que este los resiste.

Division de la doctrina de este capítulo. 419.—Expresion del momento con que un cierto número de velas largas contribuye á inclinar el buque. Se indica que lo mas fuerte del viento, el mayor número de velas, y el aumento hasta 90.° del ángulo que forme la superficie de las dichas con la direccion del viento, aumenta el momento de las inclinaciones. 420.—Se evidencia que, en igualdad de las demas circunstancias, el momento con que las velas contribuyen á la inclinacion aumenta, segun aumente el complemento del ángulo que la verga forma con la quilla. 421. —Demuestrase que en el caso de ser las velas curvas, el momento que contribuye á la inclinacion crecerá, á mas de lo dicho en el artículo antecedente, segun crecieren las diferentes curvidades de las velas en sus extremos de barlovento y sotavento; y se ven dos razones para que dicho momento aumente refrescando el viento. 422.—Que la mayor elevacion de las velas de que se hace uso, aumenta tambien el momento con que contribuyen á la inclinacion del buque. Se recopilan todas las causas que aumentan dichas inclinaciones, por lo que hace á solas las velas, y se concluye el partido que puede sacar el maniobrista del conocimiento de estas causas para disminuir las inclinaciones de su navio. 423.—Expresion del momento con que la fuerza vertical del fluido se opone á las inclinaciones del navio; y estado del equilibrio en el caso de la igualdad de los dos momentos opuestos. 424.—Demuestrase que el momento que resiste las inclinaciones aumenta, segun el mayor volumen sumergido, segun lo mas que se aleja horizontalmente el nuevo centro del volumen del centro de gravedad, y segun lo mas baxo de este mismo centro de gravedad. 425.—Medios de que puede valerse el maniobrista para aumentar la estabilidad de su navio, por la adiccion de lastre, y por la distinta colocacion de sus pesos superiores ó inferiores á la línea de agua. 426.—Modo de variar la estabilidad de un buque disminuyendo el volumen de sus fondos, ó aumentandolo por medio de los embonos. 427.—Exposicion de una fórmula de Don Jorge Juan, en la qual se reunen baxo un solo punto de vista, todas las causas que aumentan las inclinaciones, y todas las que las dificultan por el aumento ó diminucion de las cantidades que se hallan en el numerador y denominador de dicha fórmula. 428.—Medio de saber por dicha fórmula la inclinacion que tomará un barco, segun la curvidad y clase de velas de que haga uso, el ángulo que formen sus velas con la quilla, la elevacion del metacentro sobre el centro de gravedad, el volumen sumergido, y la fuerza del viento. 429. —Modo de conocer por el uso de la fórmula anterior la fuerza del viento que pueden soportar los palos y masteleros usando de determinado aparejo; y añadiendo el uso de un anemómetro concluir la clase y cantidad de velas de que podemos hacer uso en determinadas circunstancias sin el menor riesgo. 430. —Satisfaccion de alguna duda que los marineros poco prácticos pueden tener acerca del

modo de determinar la fuerza del viento que pueden soportar los palos, segun lo hemos concluido en el artículo antecedente. 431.—Del inminente riesgo en que está un buque de ser inundado en el caso de tomar pos la lua con un viento fresco, y precauciones para los casos de un contraste. 432.

CAPÍTULO XII.

De los efectos del timon.

Descomposicion de la fuerza del agua en paralela y perpendicular á la pala, y en paralela y perpendicular á la quilla. Efecto particular de cada una de estas fuerzas para el movimiento de un buque, quando el dicho no tiene deriva y la pala forma un ángulo obliquo con la quilla. 433.—Que en el mismo caso de no haber deriva si la pala llegase á formar un ángulo recto con la quilla, solo disminuiria la velocidad del buque y en nada contribuiria á hacerlo girar. 434.—Que quando el timon está *á la via*, ó la pala es una prolongacion recta de la quilla, tampoco contribuye en modo alguno para hacer girar el buque: y se manifiestan los ángulos mas ventajosos que debe formar la pala con la quilla á la parte de barlovento y sotavento, quando hay deriva: y los mismos ángulos para quando no la hay. 435.—Dificultades que ofrece la longitud de la caña del timon para formar los ángulos que se expresan en el artículo anterior, é indicacion de lo poco que se pierde en no formar los tales ángulos. 436.—Razones que nos mueven á dar por bueno el ángulo de 30.° que en la práctica ordinaria forma la pala del timon con la quilla. 437.—Demuestrase que el navio debe seguir un camino obliquo quando la fuerza perpendicular á las velas es obliqua á su quilla. 438.—Demuestrase que en el caso de una notable deriva, en igualdad de ángulos de la pala con la quilla, el timon obra con mayor fuerza para la arribada que no para la orzada. 439.—Explicacion del modo con que Leonardo Eulero da razon de la materia del artículo anterior. 440.—Causas que alega el autor citado en favor de la mayor fuerza que puede recibir la pala del timon dispuesta á barlovento, en el caso de hallarse el buque muy tumbado. 441.—Causas que dificultan el movimiento de arribada, siempre que el navio se halle muy inclinado; procedidas de la inclinacion que precisamente toma tambien respecto al horizonte la pala del timon. 442.—Reuniendo todo lo dicho se concluye. 1.° Que, en igualdad de ángulos de la pala con la quilla, el timon contribuye á los movimientos de orzada y arrivada, á proporcion de la mayor velocidad del buque. 2.° Que, habiendo deriva, el timon obra con mas ventaja para arribar que no para orzar. 3.° Que, estando un buque muy tumbado hácia sotavento, se disminuye el efecto del timon para la arribada. 4.° Que, siempre que la pala del timon forme algun ángulo con la quilla retarda el movimiento del navio. 443.—Advertencia para escusar en lo posible el uso del timon y servirse de él en los casos necesarios. 444.—Que para conseguir los movimientos de orzada y arribada quando el buque retrocede, se debe colocar la pala del timon de un modo inverso á aquel que se practíca quando el buque camina directamente. 445.—Importancia de buscar un medio de disminuir la superficie de la pala del timon sin perjuicio del fácil gobierno de los buques. 446.—Reflexion de Leonardo Eulero, que manifiesta la oposicion que la anchura de las barengas opone á los efectos del timon; y que la parte inferior de la pala es la que recibe el mayor impulso de las aguas. 447.—Que la mayor astilla muerta, ó lo mas vertical de las barengas, aumenta el choque de las aguas en los varios puntos de la pala del timon. 448.—Experiencias de Mr. Rommé que prueban: que los mayores delgados de las popas, casi nada contribuyen para los mayores efectos del timon: y. que en el uso ordinario de esta máquina resulta superflua una gran porcion de la parte superior de la pala. 449.—Ventajas que en la ocasion de mucha mar deben resultar de la supresion de la parte superior de la pala del timon. 450.

CAPÍTULO XIII.

Del particular uso de las velas.

INdícase el mayor ó menor momento con que las velas de cada palo contribuyen á la arribada ú orzada de un buque, atendiendo á la distancia del centro de gravedad á que están colocadas. 451.—Que la vela mayor puede contribuir á la arribada ó á la orzada, segun la distribucion de pesos y el consumo despues de una campaña; y modo con que repentinamente puéde, tal vez, hacer el oficio de vela de proa, arriandole mucho su escota y dandole un salto á su bolina. 452.—Hacer que, con un viento largo, el trinquete y demas velas redondas de proa contribuyan á la orzada. Con un viento escaso ó de proa y dando en facha contra las velas, hacer que las de proa contribuyan á la arrivada. En igual disposicion bracearlas de modo que contribuyan á la orzada siendo el viento de proa. 453.

CAPÍTULO XIV.

De las viradas: y 1.° de la virada por avante.

Se explica lo que se entiende por virada por avante y por virada por redondo. 454.—En un navio que sigue un rumbo determinado, sin necesidad del auxilio del timon, no puede largarse ni recogerse vela alguna de una parte determinada de proa ó popa, sin alterar el equilibrio y velocidad de su movimiento. 455.—Que la supresion de las velas de la parte de proa del centro de gravedad y el mareo de las de popa, es uno de los medios que

pueden usarse para la virada por avante. 456. —Que la caña del timon puesta á sotavento, ó su pala á barlovento, es otro agente que contribuye para la virada por avante. 457. —Efectos que deben esperarse de valernos del timon al propio tiempo que se suprimen ó disminuyen los efectos de las velas de proa. 458. —Que quando el navio ha girado para barlovento como unos 30.º los efectos del timon quedan muy disminuidos, y se suprimen mas y mas de cada vez. 459.—Circunstancias en que no tendrá efecto la virada por avante que se emprenda suprimiendo las velas de proa al mismo tiempo que nos valemos del timon; y únicas circunstancias en que se verificaria. 460. —Efectos que se deben esperar para la virada por avante quando se suprimen las velas de proa primero, y despues se usa del timon. 461. —Malos efectos que deben esperarse en una virada emprendida del modo antecedente. 462. —Efectos que deben esperarse en una virada emprendida usando primero del timon, y suprimiendo despues poco á poco el uso de las velas de proa. 463.—Buenos efectos que deben esperarse de una virada emprendida en la forma antecedente. 464.—Necesidad que generalmente habrá de cambiar el timon al tiempo que las velas reciben ya el viento en facha, siempre que se vire segun el artículo 458. 465.—Virando segun lo dicho en el artículo 463, no será tan general la necesidad de cambiar el timon quando el viento esté *á fil de roda*. 466.—Circunstancias en que es superflua la diligencia de arribar un poco ántes de emprender la virada; y que, en las que es preciso hacerlo, basta ordinariamente la de arribar ½ quarta del rumbo de bolina. 467.—Advertencia de Mr. Bourdé relativamente á los perjuicios de una extraordinaria arribada, en el caso que se larguen las escotas de trinquete y velas de cuchilla de proa. 468. —Que se debe tener cuidado en no emprender la virada por avante quando se va guiñando. 469.—Exemplo de una virada por avante emprendida con casi toda vela, con el fin de ganar para barlovento quanto es dable durante la maniobra. 470.—Reflexîones que se fundan sobre lo expresado en el exemplo anterior; y que dan razon de todas las prácticas que ocurren en la virada, distinguiendo su preferencia y adopcion segun las circunstancias. 471.—Dificultad que hay en virar por avante quando el viento es poco y la mar mucha. 472.—Facilidad que hay de conseguir la virada por avante quando el viento es muy fresco; y consideraciones que obstan para efectuar la virada en semejante circunstancia. 473.—Recapitulacion de todos los medios que pueden contribuir á la virada por avante. 474.—Excepciones que pueden hallarse en algunos de los medios indicados para conseguir la virada por avante, y advertencia acerca de la indicacion de algunos de los medios propuestos en el artículo antecedente. 475.

De la virada por redondo.

Que la supresion de las velas de la parte de popa del centro de gravedad, el mareo de las posibles de la parte de proa y el uso del timon, son los agentes que contribuyen á la virada por redondo. 476.—Efectos que se deben esperar de emprender la virada pasando la caña del timon á barlovento, suprimiendo al propio tiempo el uso de todas las velas de la parte de popa del centro de gravedad, y conservando bien mareadas las de proa. 477. —Arbitrio que nos da el modo con que se efectua la virada por redondo para reiterar, por todo el tiempo que dura dicha maniobra, los efectos del timon que contribuyen á su logro. 478.—Que el ménos tiempo consumido en la virada conviene para no perder mucho barlovento. 479.—Que en las circunstancias de poco viento, es conveniente llevar en viento la gávia para que el timon obre con esfuerzo. 480.—Exemplo de una virada por redondo emprendida con todo aparejo y viento bonancible. 481.—Reflexîones acerca de todo lo practicado en la virada por redondo del exemplo anterior, en las quales se da razon de las diferentes prácticas de que importa hacer uso en la virada por redondo segun las circunstancias. 482.—Modo de virar por redondo braceando al filo las velas de popa y poniendo en fucha las de proa, para retroceder durante la maniobra. 483.—Que en dicho modo de virar no conviene pasar la caña del timon hácia la parte de sotavento, hasta estar asegurados de que el navio retrocede. 484.—Reflexîones acerca de lo que se debe practicar en el discurso de esta virada emprendida segun lo dicho en el artículo 483. 485.—Que no conviene intentar la virada por redondo del modo anterior, quando el viento es bastante fresco. 486.—Que se deben largar las escotas de todas las velas de cuchilla de que se haga uso, ántes de principiar la virada por redondo en los términos de los anteriores artículos. 487.—Que los efectos del timon habiendo deriva, son mas favorables para el movimiento de arribada que para el de orzada, aun en la circunstancia de caminar para atrás. 488.—Indicacion de las causas que deben favorecer la maniobra de virar por redondo. 489.—Circunstancias que favorecen mas bien á la virada por redondo que á la de por avante, quando ambas maniobras se emprenden con vientos floxos y calmosos. 490.—Circunstancias contrarias á la virada por redondo quando esta se emprende con vientos muy frescos; y necesidad de vencer estos obstáculos. 491.—Exemplo de la dificultad que ofrece para la arribada de un buque la circunstancia de hallarse muy tumbado; y reflexîones de Mr. de Roquefeuille en el particular. 492.—Reflexîones acerca de la maniobra de cortar los palos de la parte de popa de una embarcacion para conseguir su arribada. 493.

CAPÍTULO XV.

De la facha.

Su definicion. 494.—Diversidad de medios de poner un navio en facha. 495.—Modo de ponerse en facha en la circunstancia de caer repentinamente un hombre al agua; el qual puede tambien usarse para sondar con freqüencia siendo el viento bonancible. 496.—Ventajas que da para una pronta arribada, la circunstancia de ponerse en facha braceando bien por barlovento el aparejo de proa y dexando en viento el de popa. 497.—Que el modo anterior de ponerse en facha usando de las quatro principales, solo conviene para cortos intervalos; y para muchas otras circunstancias se debe practicar la maniobra con las solas gávias. 498.—Circunstancias en que debe ponerse la gávia en facha, y el velacho y sobremesana en viento; y circunstancia en que es conveniente poner en facha el velacho braceandolo bien por barlovento, y dexar en viento la gávia y sobremesana. 499.—Que quando se ponen en facha tanto la gávia como el velacho, pueden dexarse estas velas en cruz; y haciendolo en la forma dicha, se advierte qual de las dos velas conviene poner en facha, segun las circunstancias de hallarse á barlovento ó sotavento de un navio ú otro riesgo. 500.—Advertencia acerca de combinar la materia del artículo 499. con la del 500. 501.—Reflexîon acerca de los efectos que deben esperarse, en la circunstancia de bracear por barlovento la vela ó velas que se ponen en facha. 502.—Reflexîon acerca de lo que debe esperarse, en la circunstancia de dexar en cruz la vela ó velas que se ponen en facha. 503.—Modo de atravesar un navio poniendo todas sus velas en facha: y razones acerca de lo que se practíca en dicha maniobra. 504.—Razon que nos ha hecho comprehender la práctica del artículo antecedente, entre los varios modos de dexar un navio inmovil. 505.—Advertencia acerca de no ponerse en facha en las ocasiones de un viento muy fresco; y precaucion de arriar siempre algo la vela que se pone en facha. 506.—Modo de poner un navio á rumbo ó de marear, quando se tiene el aparejo de proa en facha braceado por barlovento, y el de popa en viento y braceado por la parte opuesta; con las razones de quanto se prescribe practicar durante dicha maniobra. 507.—Advertencia acerca de lo que previene Fernandez en su maniobra para marear un navio atravesado en la forma anterior. 508.—Medios de poner á camino un buque que tiene el aparejo de popa en facha y el de proa en viento, en las circunstancias de no querer dar una arribada considerable. 509.—Medios de conseguir una pronta arribada en un caso urgente, estando atravesados en la misma forma del artículo anterior. 510.—Medios de poner á camino un buque que está atravesado teniendo en facha todas sus velas, cazada la mesana, y la caña del timon á barlovento; con las razones de quanto se practíca en dicha maniobra. 511.

CAPÍTULO XVI.

Del modo de dar la vela estando aproados al viento.

Exemplo de dar la vela estando á pique de la última áncla, y debiendo navegar de bolina con viento bonancible. 512.—Reflexîones de quanto se practíca en la maniobra antecedente, y advertencia acerca del costado sobre el qual conviene que caiga el buque, para que el áncla no venga por baxo de él. 513.—Medio de dar la vela en las mismas circunstancias, quando se trate de seguir navegando en popa ó con viento largo. 514.—Se reflexîona acerca de las razones que hay para preferir el uso del foque y velacho á otras varias velas de proa, en la maniobra de abatir la proa de un navio fondeado ó de hacer cabeza. 515.—Medio de mantener atravesado un navio despues que hace cabeza y de marearlo quando conviene. 516.—Advertencia acerca de la disposicion que se debe dar á las velas y timon en los parages de corrientes, para que el buque navegue desde el mismo instante en que se suspende el áncla del fondo. 517.—Modo de disponer el timon para que, en el caso de levarse aproados al viento y con una corriente lateral de las aguas, no impida su pala la caida ó arribada del buque hácia donde se pretende. 518.—Advertencia acerca de cortar á debido tiempo el cabo que se da al cable en la maniobra de hacer cabeza, quando se pretende moderar la arribada. 519.

CAPÍTULO XVII.

De la capa.

Su definicion. 520.—De la capa con el trinquete. 521.—Causas que pueden disminuir el abatimiento en dicha capa. 522.—De la capa con trinquete y mesana. 523.—De la capa con la sola vela de mesana. 524.—De la capa con la vela mayor sola ó auxîliada de la mesana. 525.—De la capa con la vela de estay mayor; y de su comparacion con la capa del trinquete. 526.—De la capa con el contrafoque, estay mayor y de mesana; y advertencias acerca de disponer el timon en el caso de que el buque no gobierne con este aparejo. 527.—De la capa con mayor y trinquete. 528.—De la capa con contrafoque y mesana. 529.—De la capa con contrafoque, mesana y gávia con tres rizos, utilísima quando hay mucha mar. 530.—Inconvenientes que resultan relativamente á lo que padece el barco en cada uno de los métodos de capear indicados, en las ocasiones de mucha mar. 531.—Advertencia general acerca de marear y seguir un rumbo determinado, quando se está á la capa en los varios términos de los artículos anteriores. 532.—Reflexîon acerca de la prác-

tica de arriar la escota de trinquete con el fin de conseguir la arribada. 533.—Necesidad de cortar los palos de la parte de popa del centro de gravedad de un buque para el mismo fin de arribar. 534.—Advertencias generales acerca de lo que se debe practicar para virar por redondo, manteniendose á la capa en los términos de los artículos antecedentes. 535.

CAPÍTULO XVIII.

Del modo de conocer la verdadera direccion del viento, á pesar de la errada que nos indican las grimpolas.

Demuestrase que, excepto el caso de navegar viento en popa y sin corriente alguna obliqua á la direccion del viento, en todos los demas las grimpolas no puedeu señalarnos la verdadera direccion del viento. Se indica el modo de tener geometricamente esta verdadera direccion, y se manifiestan por un exemplo, algunas de las equivocaciones de conseqüencia á que da lugar el error de las grimpolas. 536.—Modo práctico de conocer, ciñendo alternativamente de una y otra parte, el menor ángulo baxo el qual el navio puede ceñir el viento; y exemplo de esto mismo. 537.—Aplicacion del mismo método para conocer la verdadera direccion del viento. 538. —Otro método de conocer la verdadera direccion del viento, construyendo sobre el papel una figura proporcional á la que trazan en la mar dos distintas velocidades del navio, con las dos direcciones del viento que señalan las grimpolas. 539.—Analogía que puede hacerse para concluir la verdadera direccion del viento, y exemplo de esto mismo: con una advertencia acerca de lo que se debe practicar para la mayor exâctitud de los resultados del último artículo. 540.—Indicanse algunas de las malas conseqüencias á que puede dar lugar el error de las grimpolas. 541.—Manifiestase que gobernandose por la direccion de las grimpolas, dos buques se pueden considerar á sotavento cada uno del otro en un mismo instante; y se manifiestan otros errores indicando el modo de prevenirlos. 542.

CAPÍTULO XIX.

Descripcion de un anemómetro.

Descripcion de un anemómetro y ventajas del dicho. 543.—Modo de graduar este instrumento. 544.—Modo de concluir quando dicho instrumento está colocado perpendicularmente al impulso del viento teniendolo en la mano; é indicacion de poder conseguir esto con mas exâctitud montandolo sobre otro pie. 545.—Manifiestase que quando se navega, el anemómetro solo nos indica la fuerza relativa del viento; y por el contrario nos da la absoluta estando atravesados ó dados fondo. 546.—Razones que nos han obligado á no servirnos de las tablas que da Mr. Bouguer para reducir á velocidad la fuerza indicada por su anemómetro, y á buscar alguna fórmula del Exâmen Marítimo de Don Jorge Juan que pudiese convenir para el asunto. 547.—Fórmula para reducir á velocidad la fuerza del viento indicada por un anemómetro qualquiera, y su aplicacion á un exemplo. 548.—Uso de los globos areostáticos para reducir la fuerza del viento de un anemómetro á velocidad y formacion de una tabla. 549.—Dificultades que ofrece lo mas ó ménos humedo del ayre y sus demas qualidades, para la exâcta reduccion de la fuerza del viento en velocidad. 550.

CAPÍTULO XX.

De los errores que pueden cometerse en el modo ordinario de observar los abatimientos causados por solo el efecto del viento.

Necesidad de conocer el error que puede resultarnos en el ordinario modo de observar el abatimiento. 551.—Descripcion del abatimiento y modo de observarlo. 552.—Demuestrase que el abatimiento observado por el método anterior, quando hay una corriente de las aguas mas profunda que la parte sumergida del buque, nos da siempre el abatimiento causado por la fuerza lateral del viento. 553. —Que quando la corriente es ménos profunda, puede darse el caso extremo en que la estela pase á sotavento y nos parezca que el navio sale para barlovento. Manifiestase que en la circunstancia de una corriente superficial, dos buques de distinto calado pueden observar distinto abatimiento. 554.—Que las corrientes superficiales se verifican con bastante freqüencia en la mar; y modo práctico de Mr. Bouguer, para distinguir las circunstancias en que podemos contar con el abatimiento observado por el estilo ordinario. 555.

CAPÍTULO XXI.

Del camino que sigue el navio en virtud del viento que lo impele.

Definicion de las varias velocidades de un buque, y necesidad de averiguar las causas que tienen influxo en las dichas. 556.—Dependencia que tienen las velocidades dichas del distinto ángulo que las vergas formen con la quilla. 557.—Dependencia que las mismas velocidades tienen del ángulo que el viento forme con la superficie de las velas. 558.—Demuestrase que en el caso del viento *á la quadra*, entre el ángulo de 0.º y de 90.º que las vergas pueden formar con la quilla, esto es entre bracearlas paralelas á la quilla, ó perpendiculares á la quilla, hay un ángulo determinado que es el conveniente para conseguir la mínima deriva ó la máxîma velocidad directa. 559.—Manifiestase la dependencia que tienen las mismas velocidades de las variaciones introducidas en la estiva. 560.—Descrip-

cion del modo con que un navio gana barlovento; y dependencia que esta velocidad tiene de las otras dos: á saber, de la directa y la lateral. 561.—Modo de ganar barlovento ó adelantar hácia su orígen repitiendo las bordadas. 562.—Necesidad que hay de llevar el barco en regular vela siempre que se trate de ganar barlovento con la mayor brevedad. 563.—Que entre los ángulos de 0.° y de 90.° que las vergas pueden formar con la quilla y con el viento, hay uno que es el propio para ganar todo el posible barlovento: y lo mismo se debe entender entre los ángulos de 0.° y de 90.° que la proa del buque puede formar con la direccion del viento. 564.—Diferencia que hay entre la circunstancia de navegar de bolina con el objeto de transferirse á un parage determinado, y la de navegar en la misma disposicion sin mas objeto que el de ganar todo el posible barlovento durante la derrota. 565.

CAPÍTULO XXII.

Del exâmen de las fórmulas de Don Jorge Juan relativas al particular influxo de los distintos braceos de las vergas; direcciones del viento y disposicion de la estiva, en las velocidades de un buque.

De la substitucion que debe hacerse en las fórmulas del número primero para tener las del número segundo. 566.—Indícanse las significaciones de los caractéres de dichas fórmulas. 567.—Advertencias para que las mismas fórmulas puedan servir para los casos de navegar con viento largo. 568.—Evidenciase que las velocidades directa, obliqua y para barlovento, de un buque, no han de aumentar á medida de lo que aumenta el viento; sino es en alguna menor razon. 569.—Que aumentando el viento la velocidad lateral ó la deriva debe aumentar en mayor razon. 570.—Que el aumento de vela aumenta generalmente las quatro velocidades de un buque, siempre que no se destruya el equilibrio entre las de popa y proa. 571.—Que lo mas tupido de la vela y su mayor tension en el caso de estar mareada, disminuye la deriva y aumenta la velocidad directa, la obliqua y aquella con que se gana para barlovento. 572.—Que no se debe concluir de lo que ordinariamente se observa en la práctica, que las gávias son mas á propósito que las mayores para la circunstancia de ganar barlovento. 573.—Que la mayor resistencia del costado y la menor de la proa, aumenta la velocidad directa. 574.—Que un buque que navega mas tumbado por defecto de su estabilidad, ya sea por el alijo ó por otra causa qualquiera, disminuye su velocidad directa; lo que se comprueba por la experiencia. 575.—Que, en igualdad de las demas circunstancias, el navio saldrá á barlovento á medida que aumenten las resistencias del costado y disminuyan las de proa. 576.—Advertencia acerca del mal uso que alguno podria hacer de la doctrina del artículo anterior, y ventajas que resultan de las causas que aumentan la estabilidad para la circunstancia de ganar barlovento. 577.—Que las ventajas que muchas embarcaciones pequeñas llevan á los navios de línea para ganar barlovento y caminar directamente con gran velocidad estando la mar llana, la pierden con desproporcion quando está alborotada. 578.—Modo de conocer usando de la fórmula de la velocidad directa, aquella que toma el navio en el caso de navegar viento en popa. 579.—Advertencia acerca de los presupuestos necesarios para poder servirnos de las fórmulas anteriores del Exâmen Marítimo, y obstáculo que ofrece la práctica para servirnos de ellas. 580.—Indícase el modo de deducir, en la fórmula de la velocidad directa, el ángulo que deben formar las vergas con la quilla para conseguir la máxîma velocidad directa con un viento determinado. 581.—Advertencia acerca del uso de la fórmula concluida en el artículo anterior, para los casos de navegar con vientos largos ó escasos. 582.—Que el ángulo de las vergas con la quilla, para conseguir la máxîma velocidad, ha de variar segun la distinta construccion de las embarcaciones y número de velas de que se hace uso: cuya advertencia puede ser interesante para una campaña de pruebas. 583.—Evidenciase, por la substitucion de las cantidades que forman la fórmula, que en el caso del viento en popa, el ángulo que las vergas han de formar con la quilla para conseguir la máxîma velocidad directa, ha de ser recto: esto es, que las vergas se han de bracear en cruz como en efecto se practica. 584.—Que entre las velocidades que puede tener el viento desde 15 hasta 25 pies por un segundo, si el viento forma un ángulo de 134.° con la quilla contado desde proa, conviene que las vergas formen con la quilla un ángulo menor del que en la práctica se acostumbra, siempre que se lleve todo aparejo. 585.—Que en la circunstancia de navegar de bolina con todo el aparejo posible y viento floxo, conviene que las vergas formen con la quilla un ángulo menor del que permiten las xarcias y uso de los racamentos, para conseguir la máxîma velocidad directa: cuya advertencia se comprueba con la práctica. 586.—Advertencia acerca de los obstáculos que ofrece la práctica para el exâcto uso de todas estas fórmulas. 587.—Fórmula que indica el ángulo que el viento debe formar con la quilla para conseguir la máxîma velocidad directa: de la qual se deduce que el dicho ángulo ha de variar segun varíen las resistencias laterales y de proa, la curvidad de las velas, y la cantidad de superficie de estas últimas; advirtiendo la limitacion de la tal fórmula. 588.—Indícanse los distintos ángulos que el viento debe formar con la quilla y las vergas con esta última, para que el navio gane lo mas que es posible para barlovento; y se deduce que para este caso, el ángulo que las vergas formen con la quilla ha de ser mayor que quando, en iguales circunstancias, se

trate de obtener la máxima velocidad directa. 589.

CAPÍTULO XXIII.

De las providencias que conviene tomar en los temporales para la seguridad de los buques: y primero de la formacion y movimiento de las olas.

Deducese por semejanza á las oscilaciones que pueden darsele al agua dentro de dos tubos que se comunican, la formacion y movimiento de las olas; advirtiendo algun error que puede resultar de semejantes consideraciones. 590. —Explicase el modo con que obran contra un buque los golpes de mar, singularmente en la circunstancia de que la proa del buque salga al encuentro de la ola. 591.—Se infiere que, quando en un temporal se navega de bolina, importa moderar el uso de las velas; y por el contrario navegando viento en popa, conviene hacer uso de todas las velas que permita la violencia del viento. 592.—Idea de los balances causados por las olas; y enumeracion de las causas que pueden variar su violencia. 593. —Que si dos olas en todo iguales rodean á un mismo tiempo los dos costados de un buque, que navega sin la menor inclinacion, el dicho no debe efectuar balance alguno. 594.—Que el mismo navio, quando se halle abordado por una ola en un costado y sucesivamente en el otro, efectua su movimiento de balance. 595. —De los diferentes momentos con que una misma ola procurará inclinar un buque, segun las diversas direcciones que tomen sus costados en las inmediaciones de la línea de agua. 596.—Consideranse los efectos de una ola quando un buque se halla inclinado hácia sotavento. 597.—Se concluye que, en el caso de la inclinacion siempre que las velas estén obliquas á la quilla, se hallan disminuidos los momentos de las olas quando abordan el costado de barlovento; y que quando obran en el de sotavento, se disminuyen sus esfuerzos por la fuerza del viento contra las velas, que obra con ángulo mas ventajoso á medida que el barco va adrizando. 598.—Aplicacion de todo lo dicho para el caso de las cabezadas: y que su principal diferencia, respecto á la regularidad de los balances, consiste en la diferente figura que tienen los extremos de popa y proa; al paso que los costados son simétricos. 599.—Se recopilan las causas que deben contribuir á los diferentes efectos que un buque puede experimentar en un temporal. 600.—Explicacion de una fórmula del Exâmen Marítimo de Don Jorge Juan, por la qual se ve que en los balances, el alejar los pesos del centro hácia ambas amuradas, la práctica de quitar los masteleritos y vergas de juanete, y arriar las vergas mayores, conviene para la seguridad de la arboladura: y al contrario le es perjudicial la traslacion de pesos altos á la bodega, y el uso del lastre de hierro. 601.—Otra fórmula en que se incluye la parte que las olas tienen en los balances, y en la qual se concluye que para que los palos padeciesen ménos en los balances, convendria que el tiempo en que un buque efectua los balances por sí mismo, fuese igual al tiempo en que los efectuaria por causa de las olas. 602.—Que el reunir los pesos á una distancia conveniente para la mayor seguridad de los palos segun el tamaño de cada ola, es impracticable; y tomando un prudente medio se ve que, en lo general de las embarcaciones para la seguridad de la arboladura en los balances, conviene alejar los pesos del centro hácia las amuradas todo lo posible. 603.—Insinuanse por via de exemplo los distintos efectos de la artillería segun su colocacion. 604.—Que en lo general de las embarcaciones conviene para la seguridad de los palos en los balances y cabezadas, el recoger los pesos hácia el centro en el sentido de la longitud de los buques, alijando quanto sea dable sus cabezas ó extremos de popa y proa. 605.—Que siempre que se lleve el solo objeto de la seguridad de la arboladura, conviene que el centro de gravedad resulte á la mayor altura posible sobre la quilla. 606. —Explicacion de otra fórmula que nos indica los riesgos de las inundaciones, y por la qual se concluye que, el lastre de hierro, el colocar los pesos de una y otra vanda próxîmos á la quilla, y toda disposicion que baxe el centro de gravedad, es conveniente para evitar dichos riesgos. 607.—Se advierte que el riesgo de las inundaciones, navegando de bolina en un fuerte temporal, aumenta ordinariamente por la mayor velocidad del buque; y que en semejante caso conviene moderar la cantidad de vela: por el contrario conviene aumentarla si se arriba y navega en popa. 608. —Se supone que dos buques enteramente iguales corran un tiempo, siendo diferente la especie y distribucion de su lastre y demas pesos interiores: suponiendo ademas que el uno tome la resolucion de arribar al viento, y el otro abrace el partido de ceñirle; variando tambien la cantidad de vela en cada buque. De todo lo qual se concluyen los diferentes resultados que deben esperarse en cada buque, mediante las variaciones insinuadas. 609.

CAPÍTULO XXIV.

De la razon de haber adoptado las fórmulas del Exâmen Marítimo de Don Jorge Juan, con preferencia á las que sobre iguales puntos traen otros autores.

Explicase la opinion de los que pretenden que los efectos del choque de los fluidos contra los cuerpos siguen la ley de los quadrados de las velocidades del fluido. 610.—Aplicacion de esto mismo para probar que los cuerpos que se mueven dentro de los fluidos, experimentan unas resistencias que siguen la ley de los quadrados de las velocidades con que se mueven los cuerpos. 611.—Explicase la opinion de los que pretenden que las resisten-

cias que experimentan los cuerpos movidos en los fluidos, siguen la ley de las simples velocidades con que caminan los tales cuerpos. 612. —Insinuanse las dos principales circunstancias á que no se atiende en las dos opiniones antecedentes. 613.—Manifiestanse los principios sobre los quales estriba la nueva teórica de la resistencia de los fluidos de Don Jorge Juan; y se advierten las circunstancias interesantes á que se atiende en sus fórmulas. 614.

CAPÍTULO XXV.

De la estiva.

Idea general de la estiva, y enumeracion de los capítulos de esta obra donde se habla del influxo que puede tener en las propiedades de los buques, la distinta colocacion de pesos. 615. —Perjuicios dimanados de procurarle al buque una decidida propension para un movimiento determinado en la formacion de la estiva; y necesidad de que la dicha contribuya á conciliar unas propiedades con otras: indicando que las experiencias de varias campañas deben manifestar la distribucion de pesos mas ventajosa para un buque. 616.—De las miras generales que deben tenerse presentes en la formacion de la estiva: y primero del modo de evitar el quebranto de los buques. 617.—Dificultades que ofrece la ordinaria figura de los buques para verificar la doctrina del artículo antecedente. 618.—Ventajas de acumular los pesos en el centro de los buques quando están desarmados; y perjuicios que pueden resultar de esta misma práctica siempre que se lleve al exceso. 619.—Se adapta á un buque dividido en ocho espacios en el sentido de su longitud, la regla general que prescribe Don Jorge Juan para evitar el quebranto de los buques; manifestando que esta misma regla es la que observa Mr. Missesi en su plan de estiva. 620. —Necesidad de distribuir igual cantidad de pesos á uno y otro de la quilla, á fin de que el navio no se incline mas sobre un costado que sobre otro. 621.—Que esta última regla no puede perjudicar á las buenas propiedades de un buque: y que para concluir si la regla dada para evitar el quebranto es contraria á alguna de sus propiedades, conviene exâminar estas últimas. 622.—Enumeracion de las propiedades de un buque. 623.—Que para el mejor gobierno de los buques conviene: primero, tener alijadas las cabezas ó extremos de popa y proa: segundo, no desviar mucho los pesos del centro hácia ambas amuradas. Manifiestase que lo primero contribuye á la seguridad de la arboladura y es conforme á lo que previene Don Jorge Juan. 624.—Que lo segundo es contrario á la seguridad de los palos segun lo que nos previene el autor citado; y que la práctica de desviar los pesos del centro hácia ambas amuradas perjudica poco ó casi nada al buen gobierno. 625.—Que para conseguir el buen gobierno de los buques y la seguridad de sus palos, conviene recoger los pesos hácia el centro en el sentido de popa á proa, y alejarlos de dicho punto en el sentido de babor á estribor. Indicase que estas reglas se concilian con las prescriptas para evitar el quebranto. 626.—Que el influxo que tiene la estiva en la velocidad de los buques, navegando en mares tranquilos, no depende regularmente de la alteracion de su línea de agua; sino de la distinta colocacion del plano de las velas respecto al impulso del viento, dimanada de la diferencia de calados y estabilidad. 627.—Necesidad de que el Ingeniero constructor forme el todo de la estiva de un buque nuevo. 628. —Necesidad de que el maniobrista esté perfectamente impuesto en todos los conocimientos pertenecientes á la estiva. 629.—Dada la linea de agua en que ha de navegar un buque armado, concluir la cantidad de peso con que se le ha de cargar para calarlo hasta dicha línea: y dados los pesos de la artillería, arboladura, pólvora y todos los demas efectos necesarios para su servicio, concluir la cantidad de lastre necesaria para el mismo efecto. 630.—Método con que se deberia proceder para estivar los buques siempre que se prescindiese de las divisiones que ordinariamente se forman. 631.—Descripcion de las divisiones que se practicaban en las bodegas y sollados de los navios Franceses en el año de 1787. 632.—Descripcion de las divisiones que se practican ordinariamente en nuestras bodegas y sollados. 633.—Forma en que se distribuyó el lastre de hierro y piedra en el navio San Ildefonso en su primera salida en el año de 1785. 634.—Del modo material de colocar el enjunque de hierro y piedra en los determinados parages de la bodega para su permanencia, y para conseguir que el buque quede recto sin inclinarse á babor ni á estribor. 635.—Indicase el lugar que puede ser propio para acomodar la leña; y el que corresponde á la aguada, vino y demas pipería. 636.—De todo lo que se practica para la colocacion de la primera y segunda andana de pipería en la bodega y dispensa. 637.—Advertencia acerca de la colocacion de los cables en el navio San Ildefonso, Paula y otros; y prevencion para la mejor subsistencia de los dichos en qualquiera parage. 638.—Del modo de acomodar la leña sobre la última andana de pipería, y del órden que puede seguirse en la colocacion de las barricas de carne salada, queso, tocino &c. en la dispensa; y mira general que se lleva en el arreglo de todos los efectos insinuados. 639.—Del arreglo de la pólvora y xarcia de la artillería en el pañol de la pólvora y en el de la xarcia del condestable. 640.—Efectos del cargo del contramaestre que se colocan en la parte de su pañol perteneciente á la última parte de proa de la bodega. 641.—Arreglo de los varios efectos que se colocan en la parte del sollado comprehendida entre la division del pañol de velas y el mamparo de la dispensa. 642.—Del arreglo de las velas en su pañol. 643.—De la colocacion de los varios efectos que ocupan el pañol

de la xarcia del contramaestre, que es la última division de proa en el sollado. 644.—Indicase el articulo á donde se debe recurrir, para ver la colocacion de los demas efectos que ocupan la parte del sollado contada desde el mamparo de la dispensa hasta el codaste. 645.—De lo que se debe practicar para conservar el navio en la misma linea de agua quando se le añada nuevo cargamento. 646. —De lo que se debe practicar quando se disminuya el cargamento. 647.—Necesidad del uso de tablas ó escalas estereográficas que nos den en un momento, las alteraciones que ocasionan en la línea de agua las variedades de la estiva. 648.—Explicase la formacion y uso de las tablas anteriores. 649.—Explicacion y uso de la escala estereográfica. 650.—Modo de generalizar el uso de esta escala, y de comprehender en una sola pieza las escalas de muchos buques. 651.—Errores de dicha escala y su grado de exâctitud; material propio para su construccion, y justa preferencia que se debe dar á las tablas sobre dichas escalas. 652. —Se manifiesta la necesidad de hacer ver los resultados que deben esperarse en la práctica, segun el método de estiva que se hubiese adoptado. 653.—Efectos que deben esperarse de haber colocado el lastre de hierro sobre una capa de lastre de piedra de dos pies de altura. 654.—Lo que debe esperarse de haber colocado los cañones excluidos perpendiculares á la longitud del navio, y haciendo que sus culatas se terminen hácia ambas amuradas. 655. —Lo que debe esperarse de haber acomodado el todo del enjunque, desde los pies de carnero popeses de la escotilla de proa hasta el mamparo de Santa Barbara. 656.—De lo que debe esperarse de la colocacion de los cables en medio de las andanas de la aguada. 657. —De lo que deberia esperarse de la distribucion de pesos en los extremos de popa y proa. 658.—Modo de constituir el buque de mayor aguante de vela en un nuevo armamento, y en la mar misma navegando. 659. —Exemplo de uno de los casos en que es preciso valerse de los medios que aumentan la estabilidad del buque, con preferencia á todas las demas miras. 660.—Modo de corregir el mal gobierno de un navio con la formacion de la estiva. 661.—Modo de aumentar ó disminuir las propensiones del navio para orzar ó arribar, tanto en un nuevo armamento como navegando, por la traslacion de los pesos de su carga. 662.—Indicanse los artículos á donde se debe recurrir para ver el influxo de la estiva en las velocidades de los buques. 663. —Manifiestase un otro modo de estivar el mismo buque. 664.—Lo que debe esperarse de haber empleado solo lastre de hierro en dicha estiva. 665.—Lo que debe esperarse de haber colocado los cañones excluidos y los demas efectos de hierro muy próximos á la quilla, en el sentido de babor ó estribor. 666.—Lo que debe esperarse de haber aumentado el peso de las cabezas ó extremos de popa y proa. 667.—Indicanse los artículos á donde debe recurrirse para emendar las malas propiedades que se noten en la campaña. 668. —Exemplo de las alteraciones que se notan en las propiedades de los buques de resultas de las variaciones introducidas en su estiva. 669.—Riesgos de desarbolar á que se expone un buque por el aumento y colocacion de un nuevo cargamento de plomo ú otros efectos muy pesados. 670.—Del influxo que debe tener la estiva en las velocidades de un buque, no solo por la distinta resistencia que experimenta su casco á causa de las alteraciones de su calado, sino por el diverso ángulo con que la fuerza horizontal del viento obra contra las velas. 671.—Se da razon de los aumentos de velocidad que pueden obtener algunas embarcaciones de resultas de algunas prácticas. 672. —Descripcion del plan de estiva de Mr. Missesi. 673.—Lo que se debe practicar para adaptar el plan antecedente á qualquiera buque. 674.

CAPÍTULO XXVI.

Del flete y arqueo de las embarcaciones.

De la arbitrariedad con que se procede en establecer el flete de las embarcaciones por la capacidad interior de sus bodegas. 675.—Que los inconvenientes del artículo anterior no tienen lugar siempre que el precio del flete se establezca sobre sus toneladas de desplazamiento. 676.—De las miras que debe llevar el oficial encargado del apresto de un comboy, para repartir en sus embarcaciones los varios efectos de transporte. 677.—De los medios generales de establecer el desplazamiento y capacidad de un buque quando se tienen sus planos, ó por medidas tomadas á bordo de los mismos buques quando se carece de ellos. 678. —Sabido el desplazamiento de un buque y su capacidad, como tambien el volumen ó lugar que ocupa una tonelada de peso del género que se embarca, determinar si el buque puede completar su cargamento con el tal género, ó si acaso necesita algun lastre. 679.

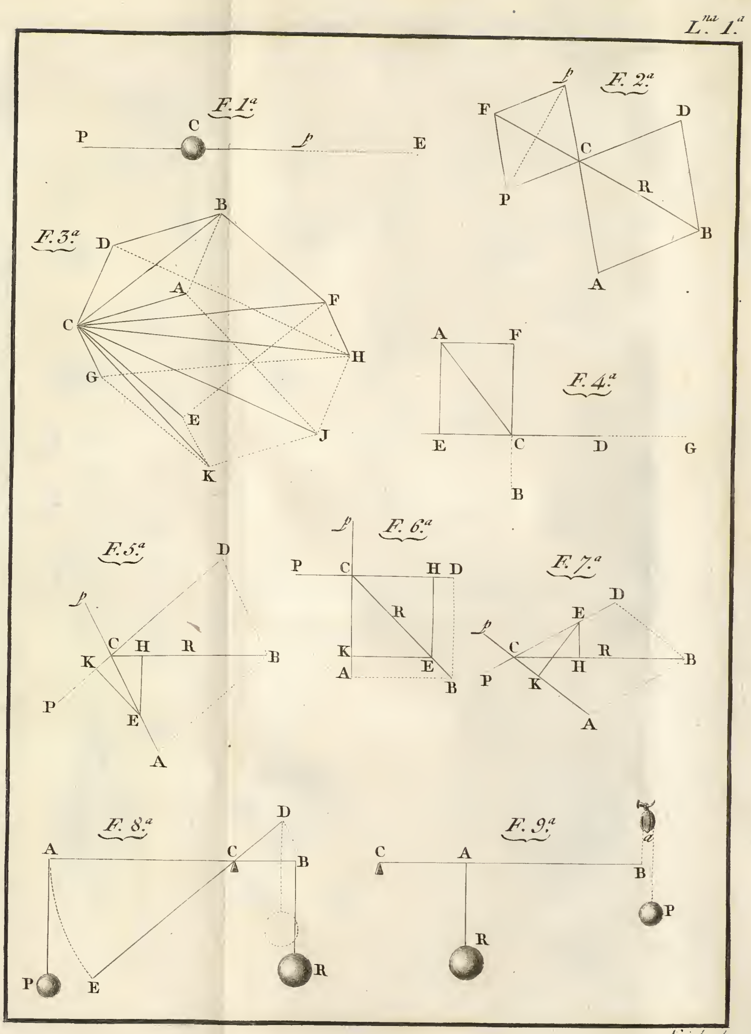
ERRATAS.

Pag.	*Lin.*	*Dice.*	*Debe decir.*
1	17	de z	de *z*
3	5	adhere	adhiere
6	38	p	*p*
16	38	el equilibrio	equilibrio
20	1	berga	verga *lo mismo en otras partes.*
23	39	78	87
26	27	el equilibrio	equilibrio
43	10	ó su	su
45	8	acerca los	acerca de los
48	16	efectos	esfuerzos
55	14	h	*h*
76	3	tiene	hay
100	20	con	en
100	21	en	con
110	28	adhere	adhiere
146	12	mura	amura *lo mismo en otras partes.*
165	15	Du-Hemel	Du-Hamel *lo mismo en otras partes.*
176	8	exee	exes
192	1	63	6^3 *en la columna segunda de la nota.*
200	8	quanto	quantos
203	3	10 proxîmamente	10 pies proxîmamente
210	37	efectos	esfuerzos
218	17	un buque	el buque
222	7	Lam. XIV.	Lam. XV.
225	15	contrarrestar	contrarestar *lo mismo en otras partes.*
226	36	de	del
294	18	distingan	distinga
314	10	$\frac{\text{Ar. } 30'}{\text{Ar. } 30}$	$\frac{\text{Ar. } 30'}{\text{Ar. } 30'}$
317	37	variará	variarán
318	29	27° 48′	28° 47′
326	26	los mares	las mares
334	32	estriva	estriba *lo mismo en otras partes.*
350	13	art. 631	art. 632
351	35	art. 631	art. 632
367	21	El haber reducido	De haber reducido
380	33	que se tuviese plano	que se tuviesen los planos

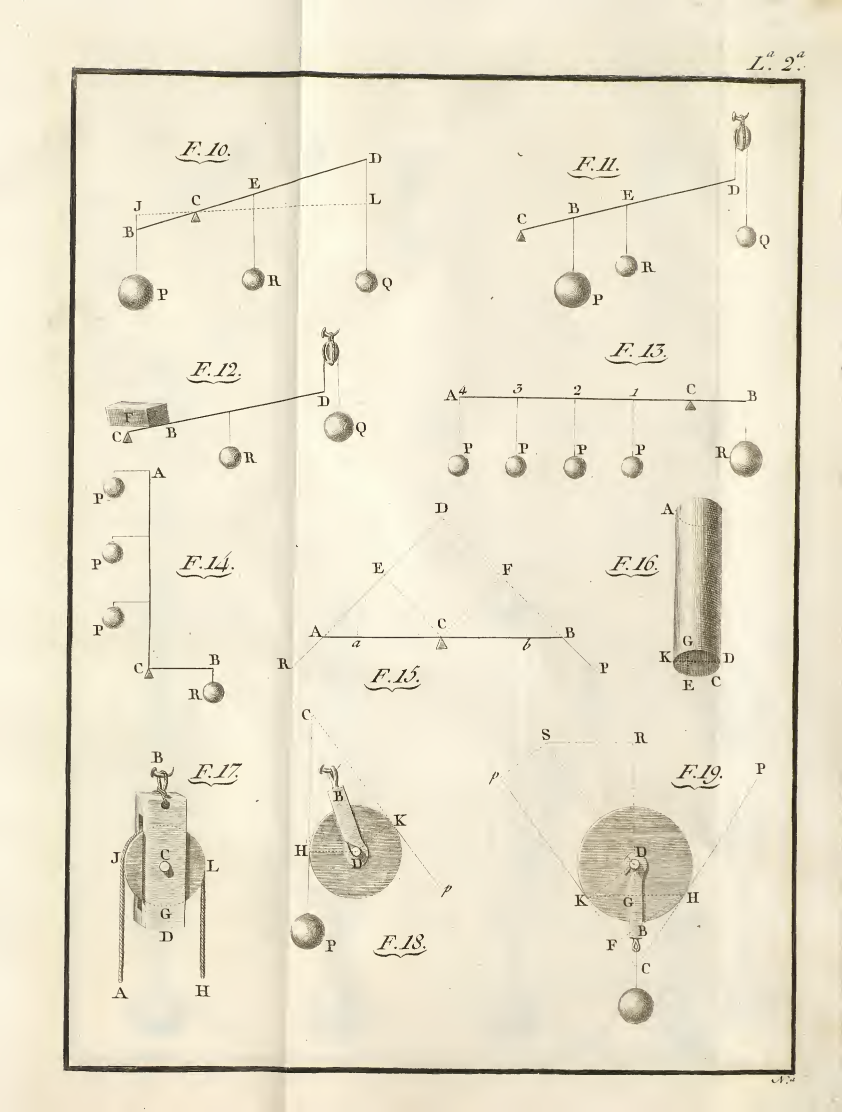
EN EL INDICE.

Pag. 4 art. 147, línea última de la columna de la izquierda, *dice* alquitranadas, *debe decir* muy corchadas.

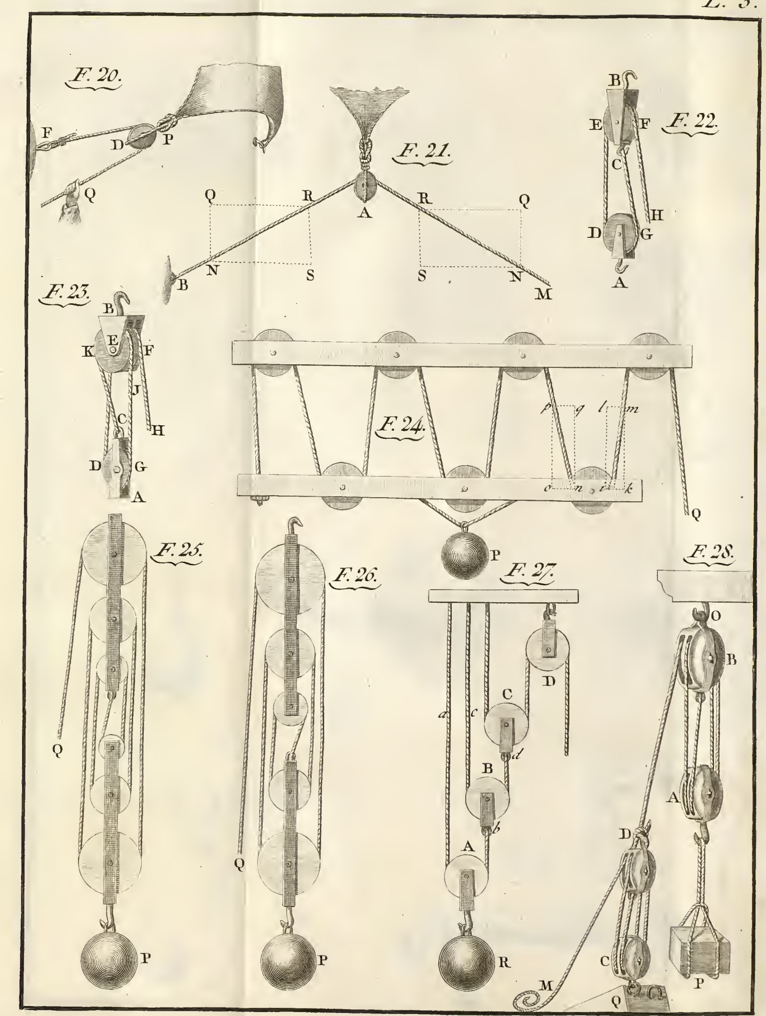
L.na 1.a

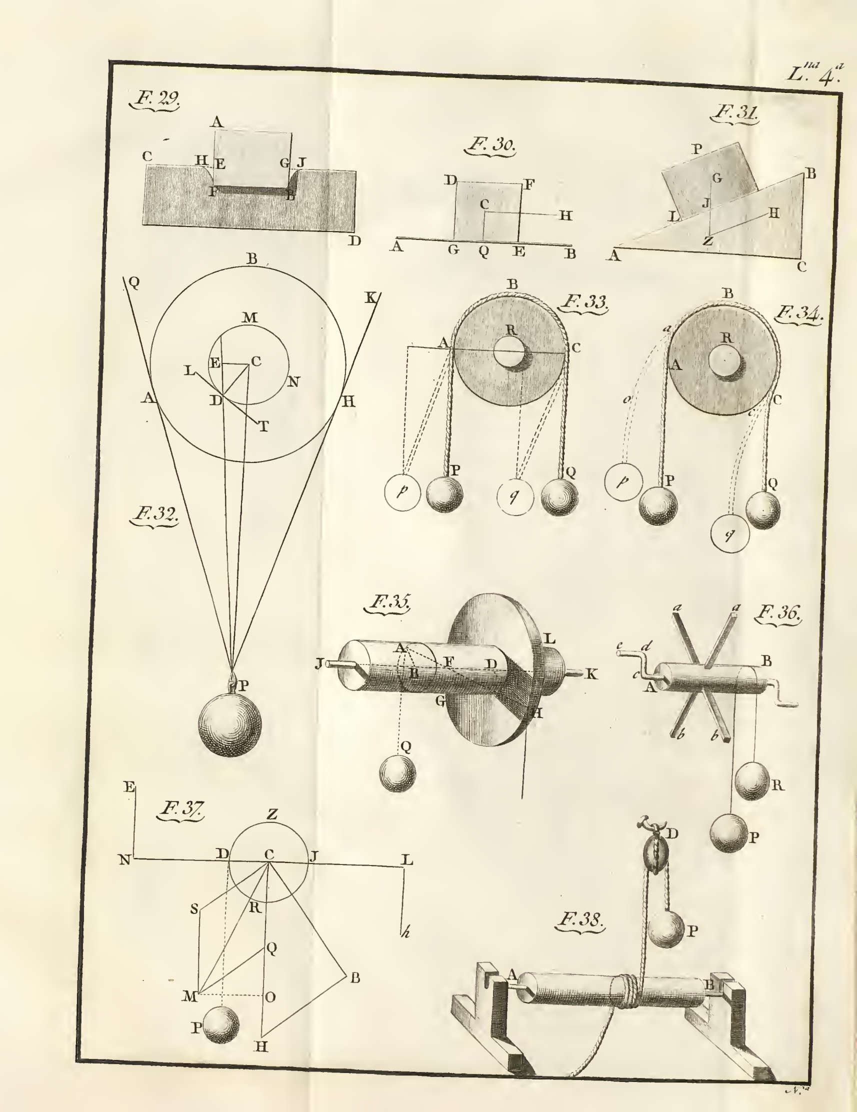


A. Vía lo grabó.


L.a 2.a
F. 10.
D
E
J
C
L
B
P
R
Q
F. 11.
D
B
E
C
Q
R
P
F. 12.
F
D
C
B
Q
R
F. 13.
A 4
3
2
1
C
B
P
P
P
P
R
F. 14.
A
P
P
P
C
B
R
D
E
F
C
A
a
b
B
R
P
F. 15.
F. 16.
A
G
K
D
E
C
F. 17.
B
J
C
L
G
D
A
H
C
B
K
H
D
p
P
F. 18.
S
R
p
F. 19.
P
D
K
G
H
B
F
C




F. 20.
F
D
P
Q
F. 21.
Q
R
A
R
Q
B
N
S
S
N
M
F. 22.
B
E
F
C
H
D
G
A
F. 23.
B
E
K
F
J
C
H
D
G
A
F. 24.
p
q
l
m
o
n
i
k
Q
P
F. 25.
Q
P
F. 26.
Q
P
F. 27.
D
C
a
c
d
B
b
A
R
F. 28.
O
B
A
D
C
M
Q
P


L.ma 4.a
F. 29.
F. 30.
F. 31.
F. 32.
F. 33.
F. 34.
F. 35.
F. 36.
F. 37.
F. 38.

F. 39.

F. 40.

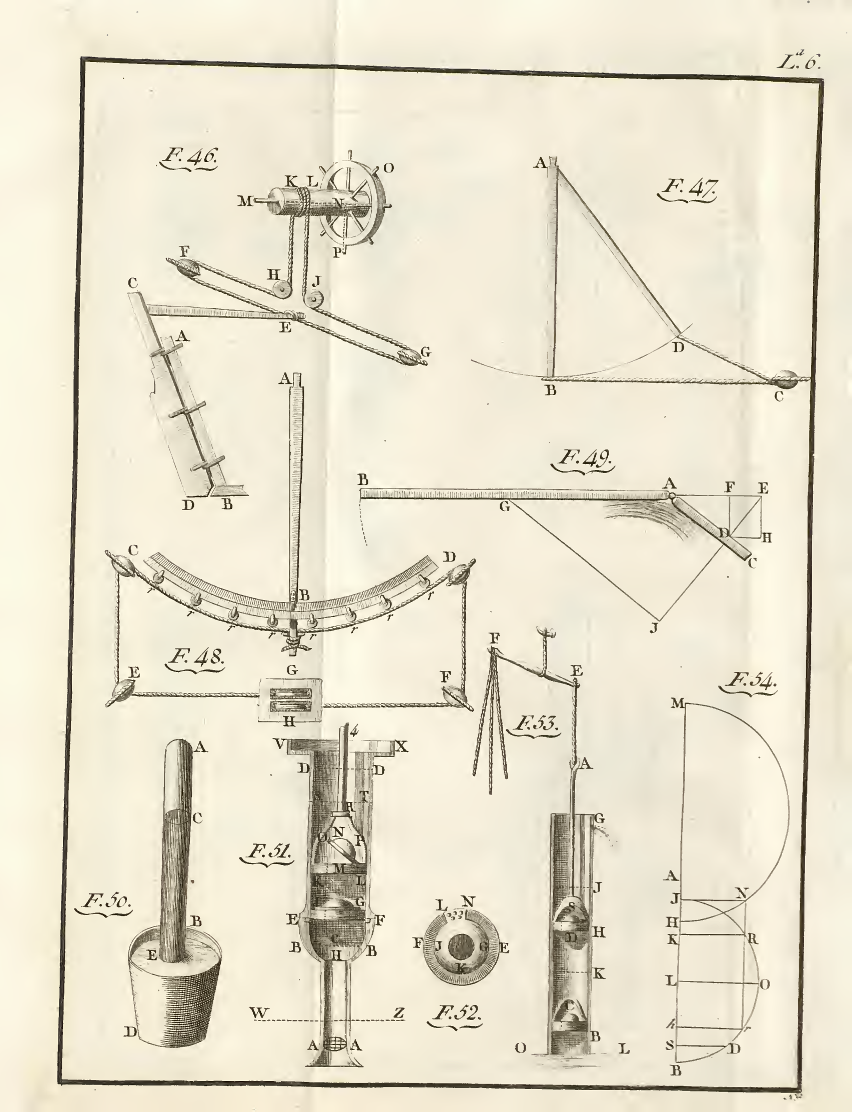
F. 42.

F. 41.

F. 43.

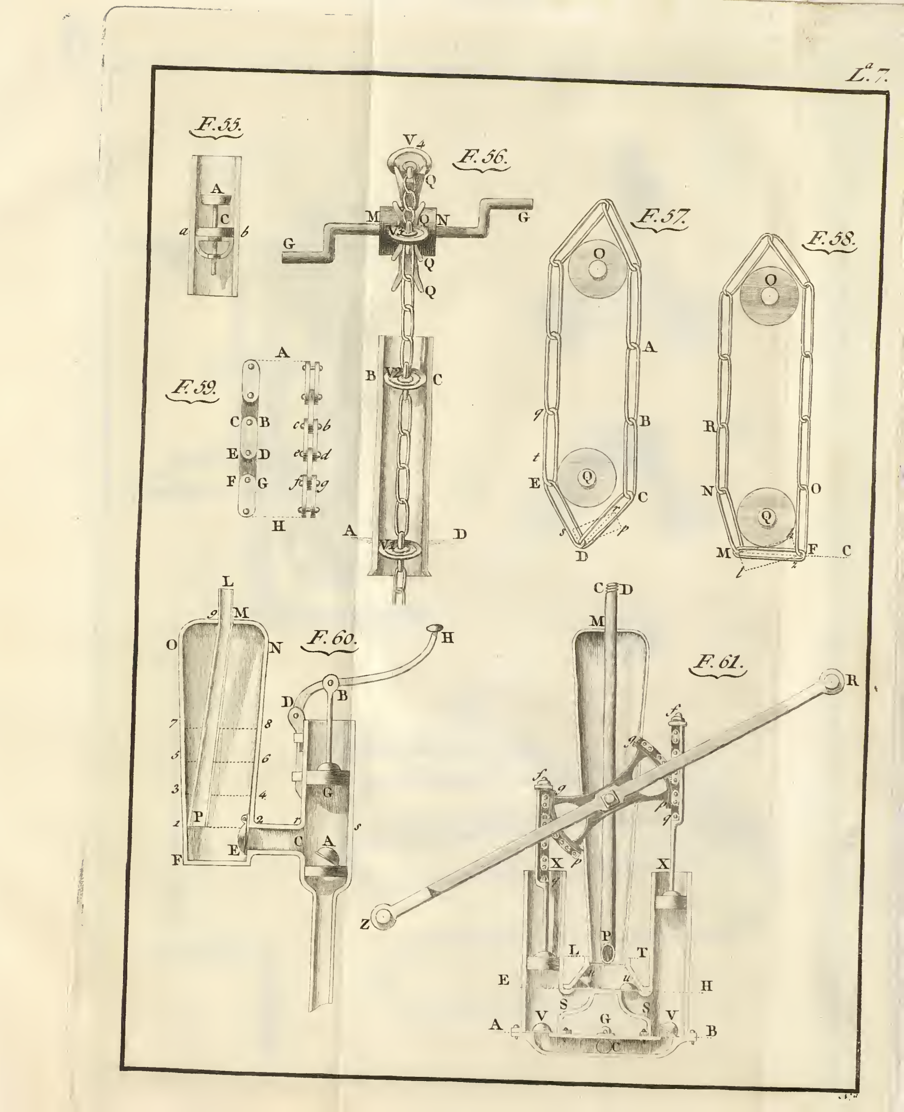
F. 44.

F. 45.

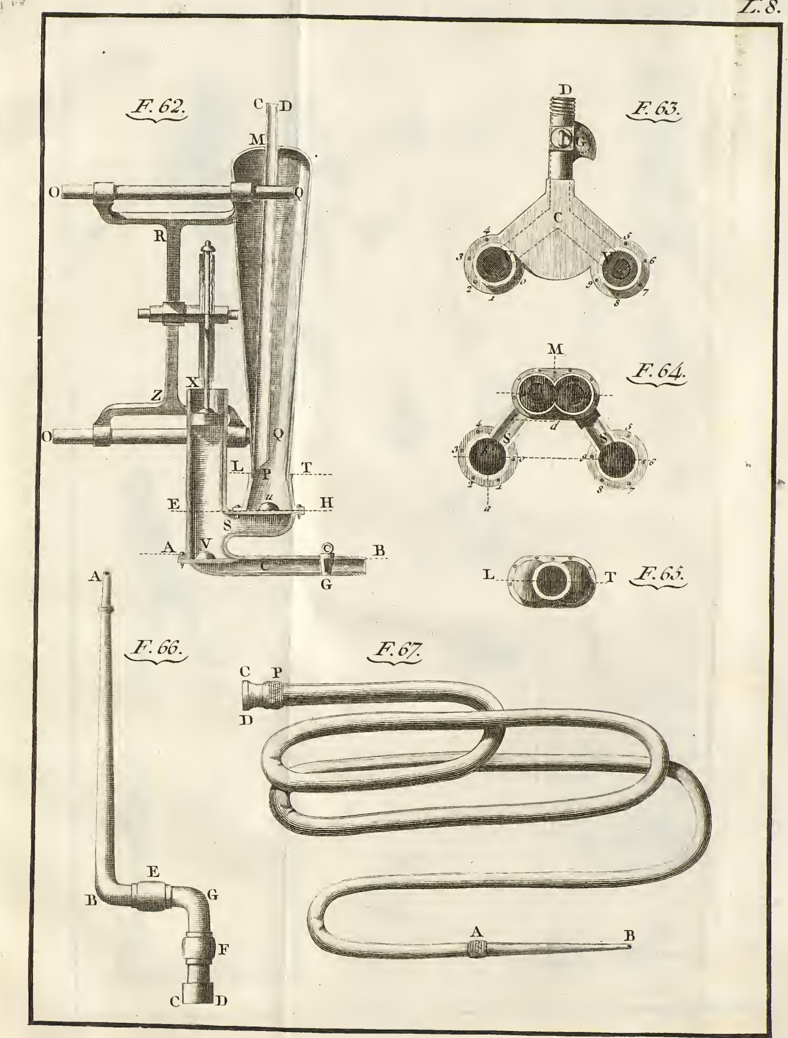


L.a 6.
F. 46.
F. 47.
F. 48.
F. 49.
F. 50.
F. 51.
F. 52.
F. 53.
F. 54.

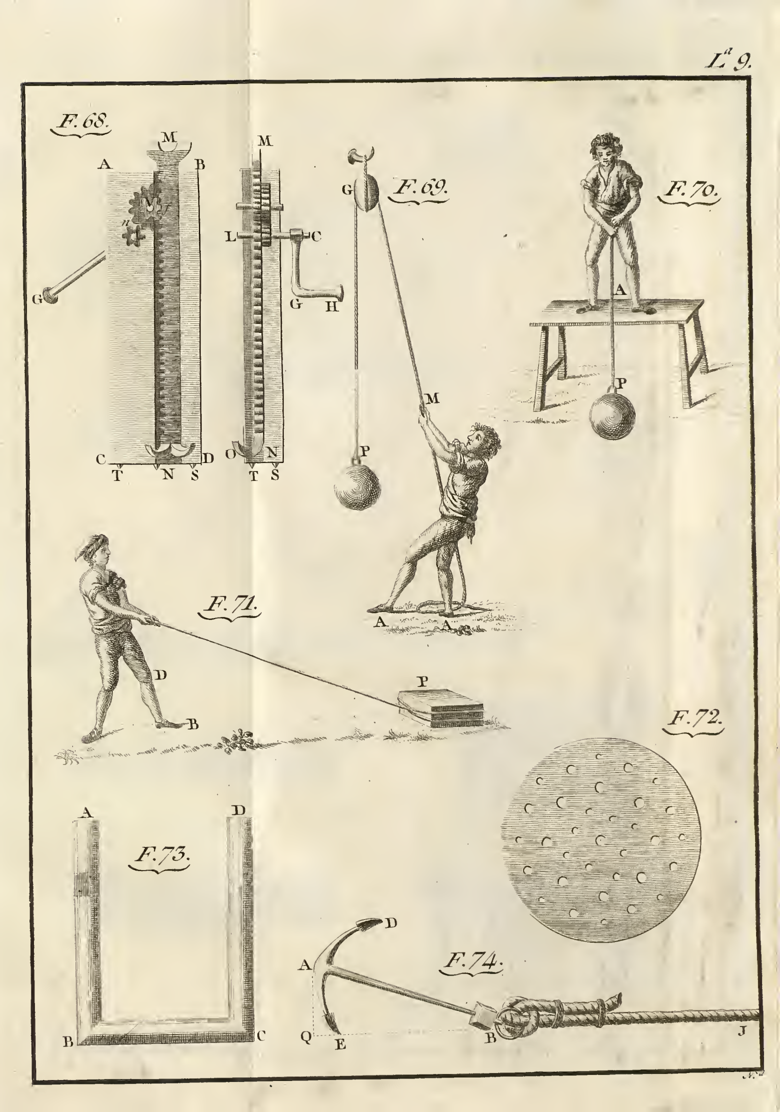


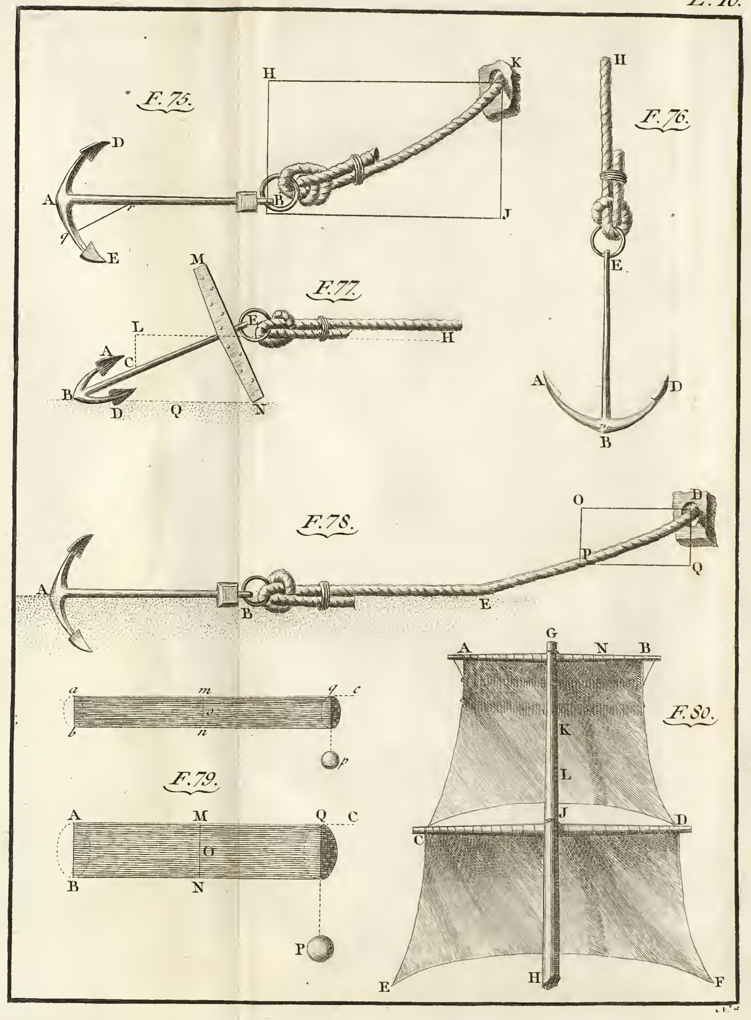

F. 55.
F. 56.
F. 57.
F. 58.
F. 59.
F. 60.
F. 61.

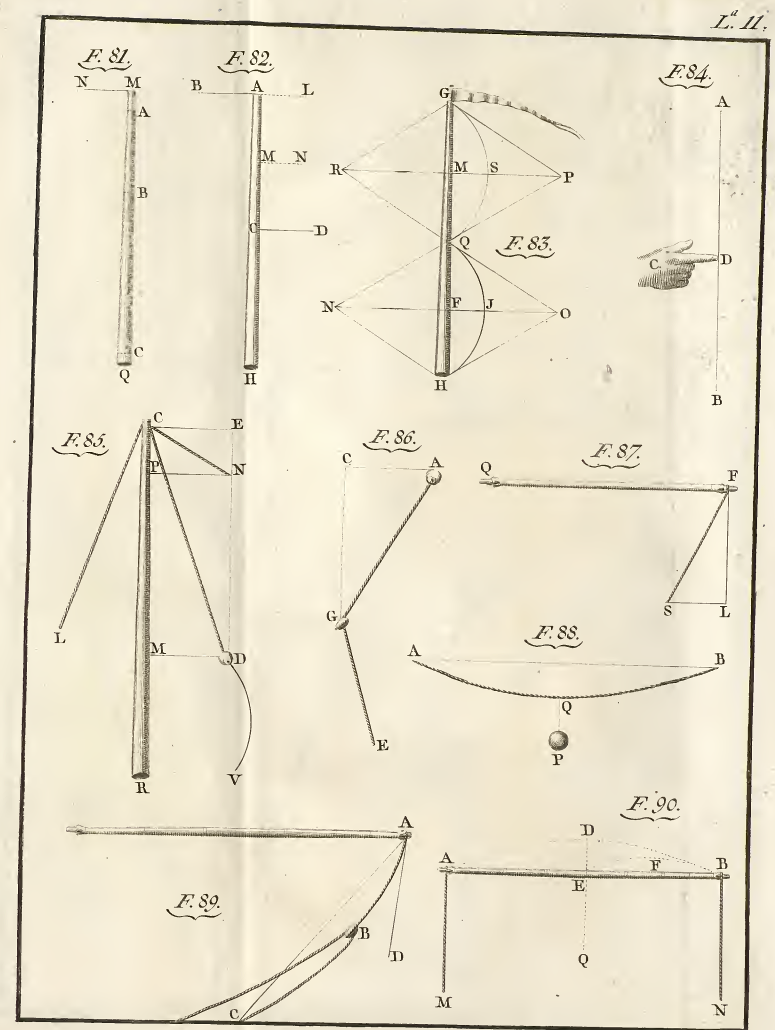


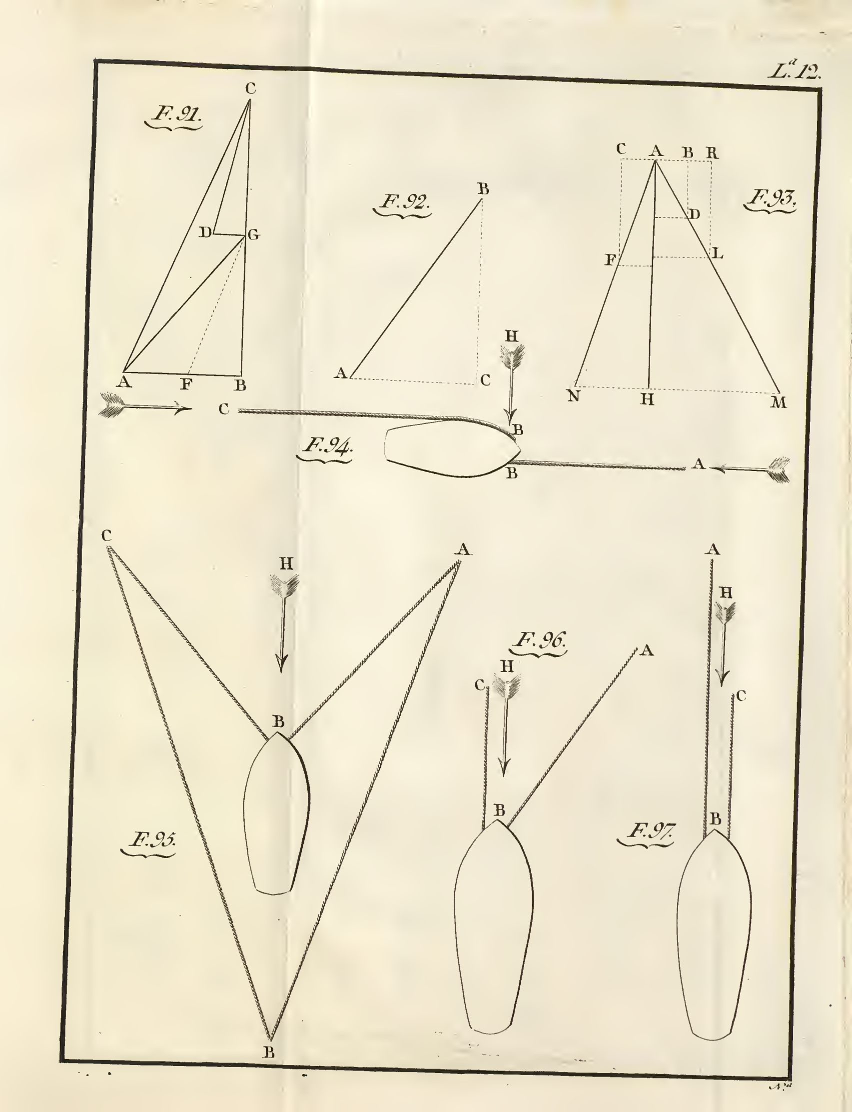

F. 62.
F. 63.
F. 64.
F. 65.
F. 66.
F. 67.



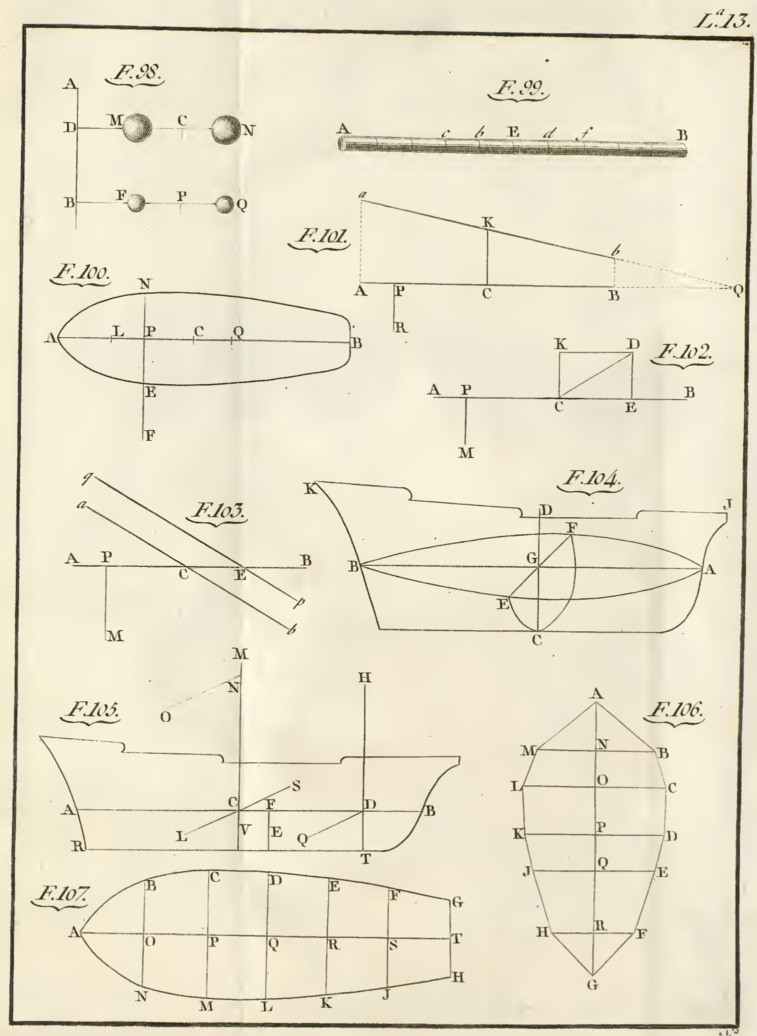

F. 68.
M
A
B
n
G
C
T
N
S
D
L
C
G
H
O
F. 69.
G
M
P
A
F. 70.
A
P
F. 71.
D
B
P
F. 72.
F. 73.
A
D
B
C
F. 74.
D
A
Q
E
B
J


Lª. 10.
F. 75.
F. 76.
F. 77.
F. 78.
F. 79.
F. 80.


F. 81.
N M
A
B
C
Q
F. 82.
B A L
M N
C D
H
G
R M S P
Q
F. 83.
N F J O
H
F. 84.
A
C D
B
F. 85.
C E
P N
L
M D
R V
F. 86.
C A
G
E
F. 87.
Q F
S L
F. 88.
A B
Q
P
A
F. 89.
B
D
C
F. 90.
D
A B
F
E
Q
M N


F. 91.
C
D
G
A
F
B
F. 92.
B
A
C
F. 93.
C
A
B
R
D
F
L
N
H
M
F. 94.
H
C
B
B
A
F. 95.
C
H
A
B
B
F. 96.
H
C
A
B
F. 97.
A
H
C
B




L.ª 13.
F. 98.
F. 99.
F. 100.
F. 101.
F. 102.
F. 103.
F. 104.
F. 105.
F. 106.
F. 107.



L.ª 14.

F.108.

F.109.

F.110.

F.111.

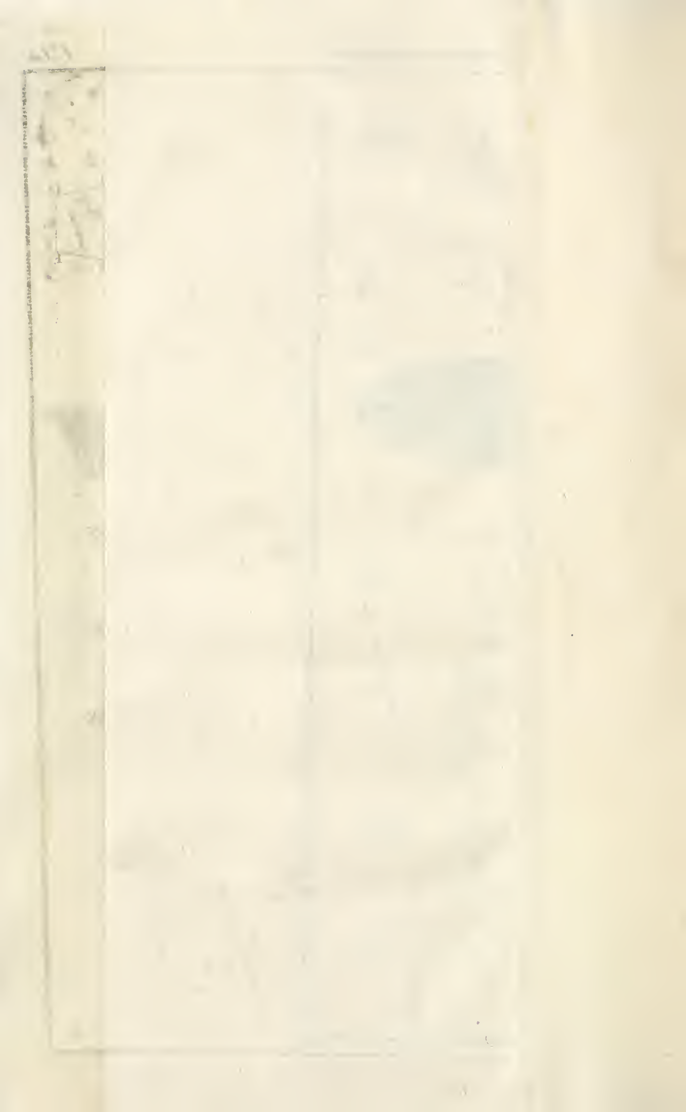
F.112.

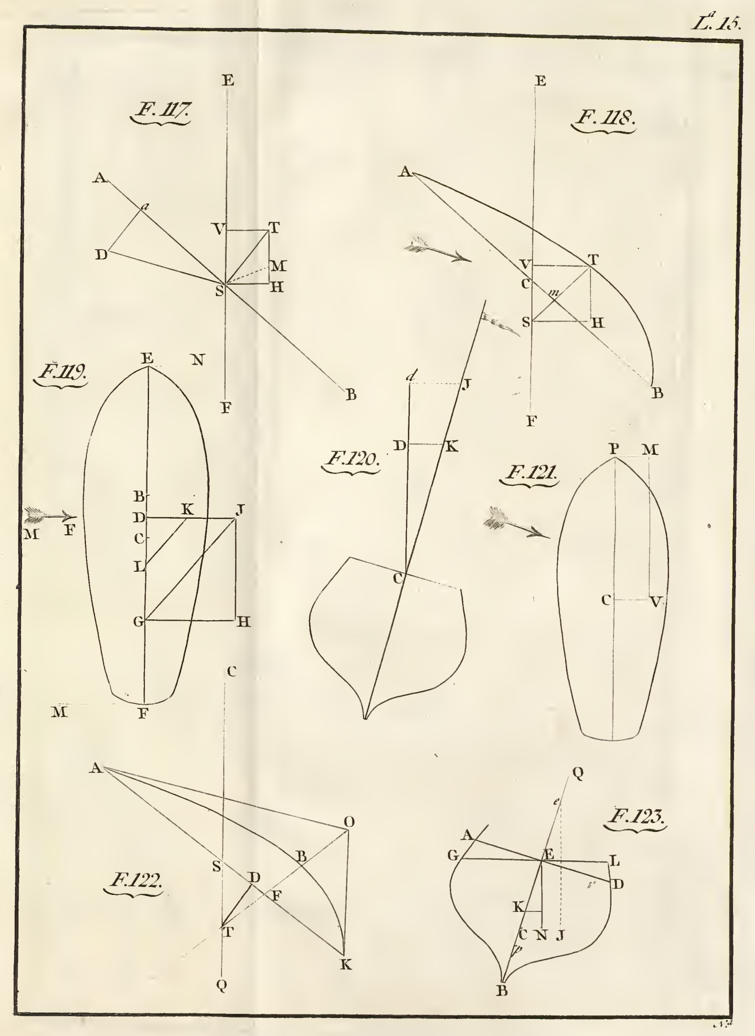
F.113.

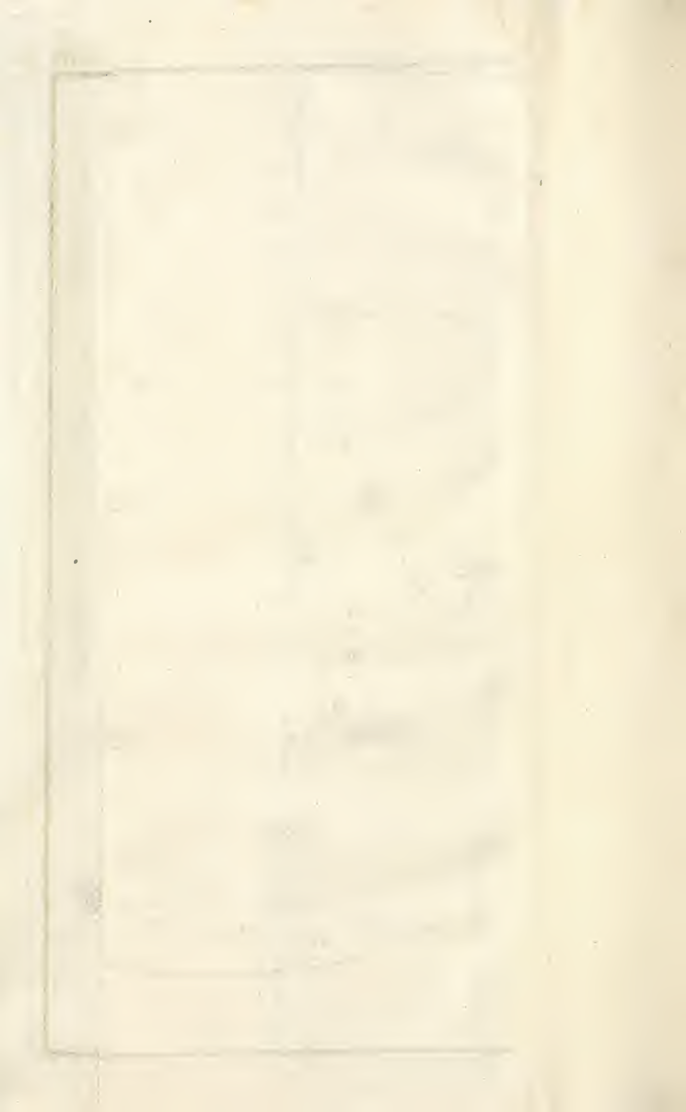
F.114.

F.115.

F.116.




F. 117.
F. 118.
F. 119.
F. 120.
F. 121.
F. 122.
F. 123.



F. 124.

F. 125.

F. 126.

F. 127.

F. 128.

F. 129.

F. 130.

F. 131.

F. 132.

F. 133.

F. 134.

F.135.

F.136.

F.137.

F.138.

F.139.

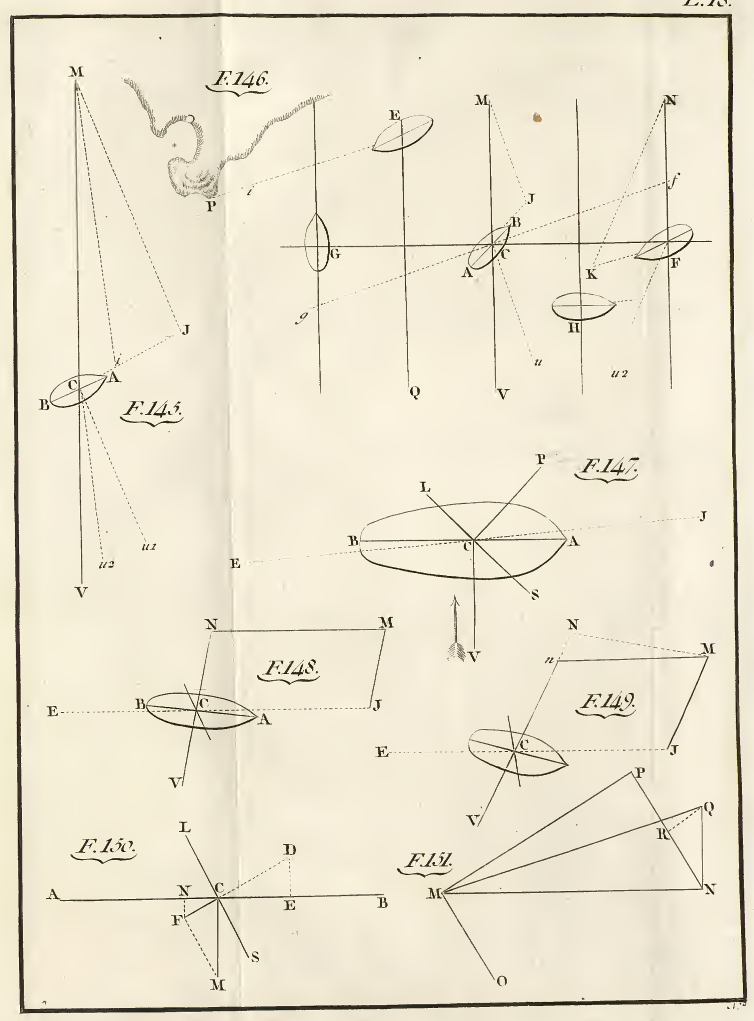
F.140.

F.141.

F.142.

F.143.

F.144.


F.145.
M
J
A
C
B
u1
u2
V
F.146.
P
i
E
M
N
J
B
f
G
C
A
K
F
H
g
u
u2
Q
V
F.147.
P
L
J
B
C
A
E
S
V
F.148.
N
M
E
B
C
A
J
V
F.149.
N
M
n
E
C
J
V
F.150.
L
D
A
N
C
E
B
F
S
M
F.151.
P
Q
R
M
N
O

F.152.

F.153.

F.154.

F.155.

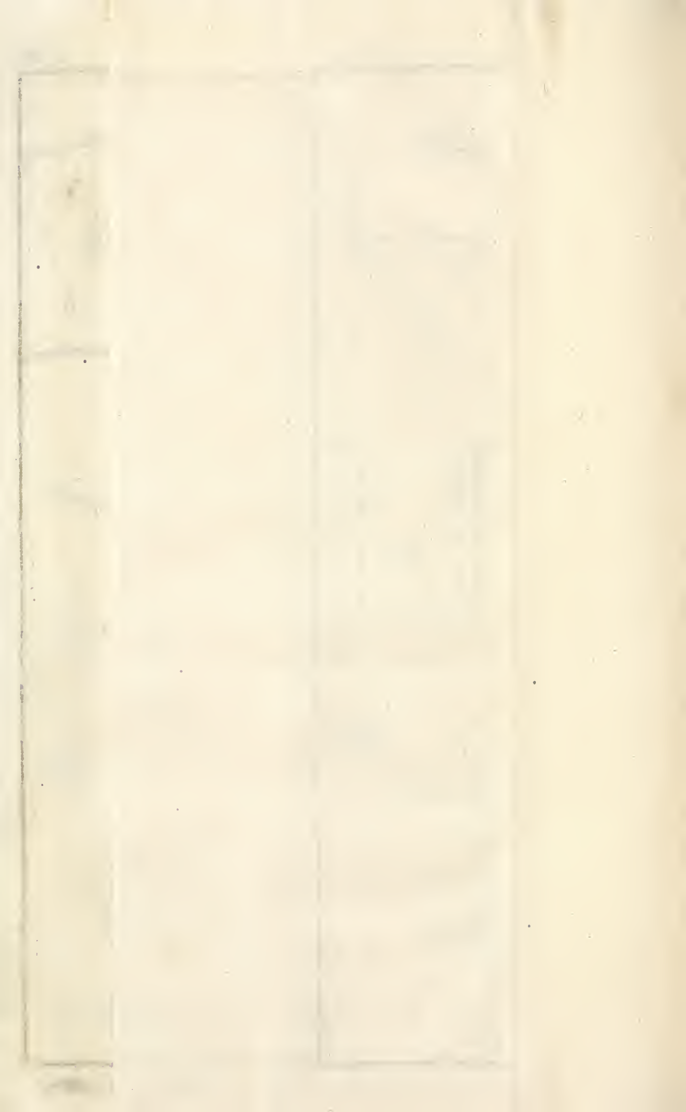
F.156.

F.157.

F.158.

F.159.

F.160.



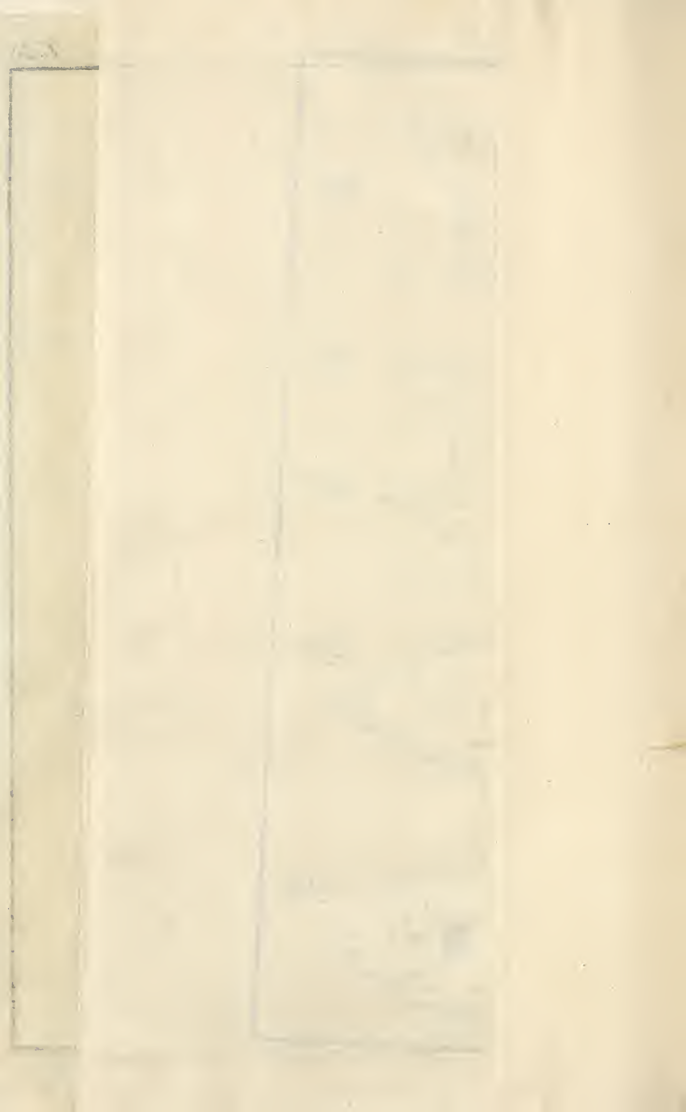
F. 161.

F. 162.

F. 163.

F. 164.

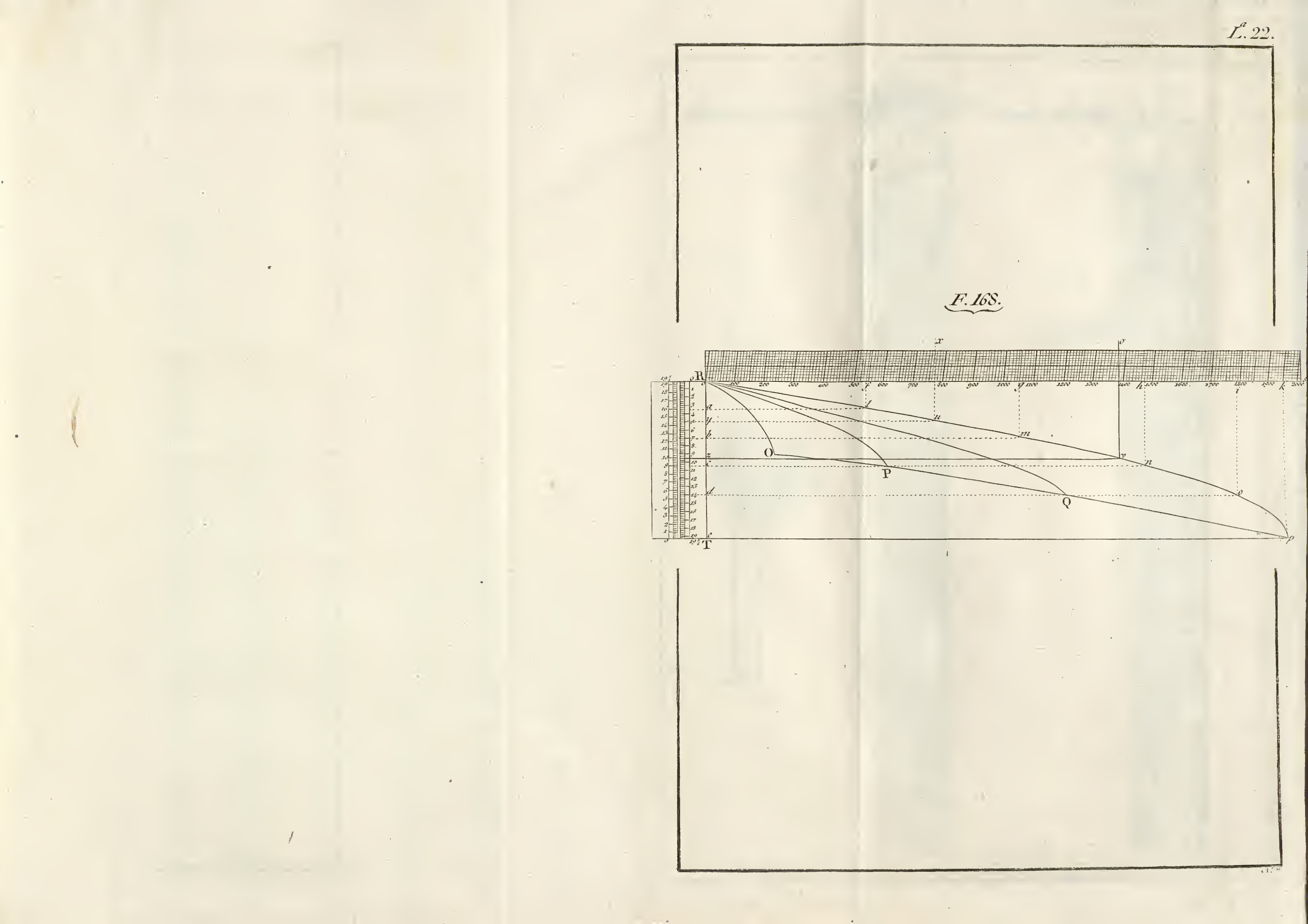
F. 165.



F. 166

F. 167.

Escala por pies de Burgos.


L.ª 22.
F. 168.
R
T
O
P
Q



Lª 23.

F.169.

F.170.

F.171.






40
CISCAR
MAQUINAS
Y MANIOBRAS
360